منظمة الأغذية والزراعة
للأمم المتحدة

إيكاردا
العلم لإتاحة سبل عيش مرنة في المناطق الجافة

نبات الصبّار:
بيئته، زراعته واستخداماته

نبات الصبّار:
بيئته، زراعته واستخداماته

فريق التحرير

Paolo Inglese
جامعة ديجلي ستودي دي باليرمو - المنسق العام للشبكة الدولية لمجموعة العمل المتخصصة بنباتات الصبار (CactusNet)

Candelario Mondragon
كاندلاريو موندراغون كلية العلوم الطبيعية، جامعة كيريتارو المستقلة، جوريكيلا كيريتارو المكسيك

Ali Nefzaoui
المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ايكاردا) - تونس

Carmen Saenz
جامعة تشيلي – تشيلي

فريق التنسيق

FAO , Makiko Taguchi
FAO ,Harinder Makkar
ICARDA , Mounir Louhaichi
ICARDA , Sawsan Hasan
FAO, Abd Alrahman Ayt Hammou

الدعم التحريري

Ruth Duffy

التدقيق الفني على النسخة العربية

FAO , Mohamed ElHady Sidatt

الناشر

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة
روما، 2021

.2021 .Inglese, P. (Ed.); Saenz, C. (Ed.); Mondragon, C. (Ed.); Nefzaoui, A. (Ed.); Louhaichi, M. (Ed)
نبات الصبار: بيئته، زراعته واستخداماته. منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة. روما. https://doi.org/10.4060/i7628ar

التسميات الواردة في هذه المادة الإعلامية أو طريقة عرض محتواها لا يقصد بها مطلقاً التعبير عن أي رأي من جانب منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) أو المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) حول الوضع القانوني أو الإنمائي لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو سلطاتها، أو حول حدودها أو ترسيمها. وكذلك لا يعني ذكر شركات أو منتجات معينة من مصنعيها، سواء أكانت مسجلة أم لا، أن منظمة الفاو أو المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) قد أقراها أو أوصيا بها تفضيلاً على آخرين من ذوي نفس الطابع الذي لم يرد ذكره. كما أن الآراء المعبر عنها في هذه المادة الإعلامية هي آراء المؤلف (المؤلفين) ولا تعكس بالضرورة وجهات نظر أو سياسات المنظمة أو ICARDA

إن منظمة الفاو تشجع استخدام المواد الإعلامية لهذا المنتج الإعلامي واستنساخها ونشرها. ما لم يرد خلاف ذلك، يمكن نسخ المواد وتحميلها وطبعها لأغراض الدراسة الخاصة، والبحث والتدريس، أو للاستخدام في المنتجات أو الخدمات غير التجارية، شريطة الحصول على تصريح رسمي من المنظمة والمصدر وصاحب الحق في التأليف والنشر، وكذلك شريطة عدم تضمين موافقة المنظمة على آراء المستخدمين أو منتجاتهم أو خدماتهم بأي شكل من الأشكال.

يجب تقديم جميع طلبات الحصول على حقوق الاستنساخ والترجمة وإعادة البيع وحقوق الاستخدام التجارية الأخرى عبر www.fao.org/contact-us/licence-request أو توجيهها إلى copyright@fao.org.

ويمكن الاطلاع على منتجات المنظمة الإعلامية على الموقع الإلكتروني للمنظمة www.fao.org (المطبوعات) ويمكن شراؤها من خلال publications-sales@fao.org

ISBN 978-92-5-134003-5 (FAO)

FAO, 2021 ©

الصور بداخل الفصول:

© Fotolia, iStock photo

الفهرس

تمهيد viii

شكر وتقدير ix

1 الخلفيّة التاريخيّة والأهميّة الاقتصاديّة والزّراعيّة والبيئيّة 1
María Judith Ochoa و Giuseppe Barbera

مقدّمة 2
الخلفيّة التاريخيّة 2
الوضع الرّاهن 4
الأمريكيتان 5
أفريقيا 7
غرب آسيا 9
أستراليا 10
أوروبا 10
الآفاق 10

2 منشأ نبات الصبار وتصنيفه 13
Roberto Kiesling وDetlev Metzing

مقدّمة 14
منشأ نبات صبار Optina ficus-indica وتصنيفه 14
عدد الكروموزومات 15
الدّراسات الجزيئيّة 15
التوزيع والتّوطين 16
الأسماء العاميّة 17
وظيفة الحشرة القرمزيّة 17
نظرة عامّة على التّصنيفات والمسمّيات 18
الاستنتاجات 19

3 مورفولوجيا وتركيبة الصبّار Platyopuntiae 21
Nicolás Franck وLoreto Prat

مقدّمة 22
نظام الجذور 22
الألواح 23
اللِحاء 26
الخشب 26

الفهرس

البراعم الزهرية 26
حبّة اللّقاح 28
الثّمرة 28

4 الفيزيولوجيا البيئية وبيولوجيا إكثار الصبّار المزروع 29
Paolo Ingleseو Giorgia Liguori و Erick de la Barrera

مقدّمة 30
دورة الأيض الحمضي العصاري 30
التربة المناسبة لزراعة الصبّار 32
امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتوافر المياه 33
الاستجابة للحرارة 35
الاستجابة للضوء 36
بيولوجيا الإكثار 36
إنتاجية الكتلة الحيوية 38
الاستجابات المحتملة لتغيّر المناخ 40

5 الموارد الوراثية للصبّار. Opuntia spp 43
Innocenza Chessa و Candelario Mondragón Jacobo

مقدّمة 44
استكشاف الموارد الوراثية 44
بنوك الموارد الوراثية، والمجموعات الأساسية، وتجارب الأنواع المستنبتة 46
توثيق الموارد الوراثية 46
استخدام الأدوات الجزيئيّة الحديثة للتّعرف على تنوّع ثمار الصبّار والحدّ من التّكرار 47
حفظ الموارد الوراثية للصبّار 48
الاستخدام: تعزيز وإكثار الموارد الوراثية 48
نحو الاستخدام المستدام للصبّار 49

6 إنتاج الثّمار وإدارة ما بعد الحصاد 51
Salvatore D'Aquino و Johan Potgieter

مقدّمة 52
تخطيط وإنشاء البستان 52
تخطيط وتصميم البستان 55
إدارة البستان 57
جني الثمار 65
الصبّار الجاهز للأكل 69
الاستنتاجات والآفاق المستقبلية 70

7 إنتاج العلف واستعماله لتغذية الحيوانات 73
Jose C.B. Dubeux Jr., Hichem Ben Salem و Ali Nefzaoui

مقدّمة 74
نظم إنتاج العلف القائمة على الصبّار 74
الممارسات الزراعية 79
جودة الأعلاف 82
الأداء الحيواني ونوعيّة المنتجات 89
الآفاق المستقبلية والاحتياجات البحثية 19

8 النوباليتوسNopalitos اللّويحات الخضريّة للصبّار:الإنتاج و الاستخدام 93
Candelario Mondragón Jacobo وSantiago de Jesus Méndez Gallegos

مقدّمة 94
الاستخدام المبكروالتدجين 94
أنواع ألواح Nopalitos 95
الأهميّة الزّراعيّة لمحصول ألواح Nopalitos 96
نظم إنتاج ألواح Nopalitos 97
الممارسات الإنتاجية 100
تقنيات التحضير الأساسية 103

9 تربية الحشرة القرمزيّة 105
Liberato Portillo و Ana Lilia Vigueras

مقدّمة 106
بيولوجيا الحشرة 107
تربية الحشرة القرمزية 108
إيكولوجيا الحشرة 111

10 أمراض الصبّار 115
Giovanni Granata, Roberto Faedda و María Judith Ochoa

مقدّمة 116
الأمراض الفطرية 116
الأمراض البكتيرية 122
الفيتوبلازما والأمراض الفيروسية 122
الاضطرابات غير الحيوية 123

الفهرس

11 الآفات الحشريّة للصبّار 125
Jaime Mena Covarrubias

مقدّمة 126
الحشرات 126
الإدارة المتكاملة للآفات الحشريّة على الصبّار 132

12 معالجة واستخدام الثمار والألواح والبذور 135
Carmen Sáenz

مقدمة 136
التركيبة الكيميائية والمركّبات المنشّطة حيويا 136
الخصائص التكنولوجية 137
تقنيات المعالجة 138
تقنيات أخرى 144
منتجات أخرى 146
الخلاصة 149

13 الخصائص الغذائية والمشتقّات الطبيّة من الثّمار والألواح 151
Mónica Azucena Nazareno

مقدّمة 152
الجوانب الغذائية 152
المواد الكيميائية النباتية الأحيائية النشطة في نبات الصبّار 154
الخصائص العلاجية 155
الآفاق المستقبلية 158

14 سلع وخدمات النظام الإيكولوجي للصبّار 159
Juan Carlos Guevara وMounir Louhaichi, Ali Nefzaoui

مقدّمة 160
تحسين المراعي 161
التخفيف من تعرية التربة 162
التسييج البيولوجي/ الحواجز النباتية 164
إمكانية تخزين الكربون 165
الزراعة في ممرّات 166
حفظ التنوع البيولوجي 167
الاستنتاجات والتوصيات 169

15 الاجتياحات على مستوى العالم لفصيلة الصبّاريات: المكافحة والإدارة وتضارب المصالح 171
Helmuth Zimmermann

مقدّمة 172
الصبّار كمشكلة 172
الاستخدام وتضارب المصالح 182
الاستنتاجات 183

16 إنتاج الغاز الحيوي 187
Maria Teresa Varnero و Ian Homer

مقدّمة 188
استخدام نفايات الصبّار في إنتاج الغاز الحيوي 188
حقول صبّار Optina spp. لإنتاج الغاز الحيوي 189
تصميم وتشغيل الهواضم الحيوية 191
الجوانب الاقتصادية 192
استخدامات الطاقة الحيوية الأخرى 193

17 معوقات واستراتيجيات التّسويق والاتّصال 195
Marcos Mora

مقدّمة 196
نبذة عن الإنتاج والتسويق 196
الجودة المحسوسة لثمار الصبّار: من الخصائص الداخليّة إلى الخصائص الخارجيّة 200
خصائص القيمة وتفضيلات المستهلك 200
استراتيجيّة الإنماء التجاري المقترحة للصبّار الطازج ومنتجاته 200
الخلاصة 201

قائمة المراجع 202

تمهـيد

يعتبر التغير المناخي أحد أكبر التحديات العالمية التي تواجهنا في وقتنا الحاضر وفي المستقبل. فالعديد من الدول، وبالأخص الأفريقية والآسيوية، تواجه حالات من الجفاف المستمر والتصحر، حيث يتأثر بشدة فقراء الفلاحين وصغار الملاك، فتموت محاصيلهم نتيجة الجفاف ودرجة الحرارة المرتفعة، بالإضافة إلى التربة الفقيرة.

تكتسب زراعة الصبّار اهتماماً متزايداً على مستوى العالم وبالأخص Opuntia ficus-indica وذلك لخصائصه الفريدة حيث يتحمل المناخ القاسي، فلدى الصبّار القابلية للنمو في ارض قاحلة لا يمكن لمحصول آخر النمو فيها، فيمكن استخدامه في استصلاح الأراضي لبلدان عديدة مثل «أثيوبيا»، فهو محصول يمكن الاعتماد عليه. تعتبر المكسيك منشأ المحصول– أكبر دول العالم من حيث انتاجه واستهلاكه – ولكن هناك بعض الدول الأخرى التي تزيد في انتاجه واستخدامه من بينها «المغرب» و«اثيوبيا» و«جنوب افريقيا» و«كينيا» و«الهند» و«باكستان».

بالإضافة إلى قدرة الصبّار على التحمل، فهو يستخدم لأغراض اخرى، فالثّمرة والألواح الصّغيرة تستخدم في البرازيل كعلف للمواشي، حيث تشكل زراعة أكثر من 400 ألف هكتار في المنطقة الشّماليّة الشّرقيّة في البلاد عنصراً رئيسيّاً في دعم الإنتاج الحيواني في المناطق شبه القاحلة ويستخدم ايضاً كعلف في الصحراء الكبرى الافريقية وجنوب آسيا. وعلاوة على ذلك، يتم إجراء الابحاث عليه في المجال الطبي واستخدامه في الصناعات والترويج لها.

بالتعاون بين المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافّة (إيكاردا) ومنظمة الأغذية والزّراعة للأمم المتّحدة (الفاو)، تم إنشاء الشبكة الدولية لمجموعة العمل المتخصصة بنباتات الصبّار (CactusNet) في عام 1993، الشّبكة الدولية لمجموعة العمل المتخصصة بنباتات الصبّار، من أجل تعزيز هذا المحصول غير المستغل. وفي عام 1995، نشرت المنظمة طبعتها الأولى من هذا الكتاب «الايكولوجيا الزراعيّة وزراعة واستخدامات الصبّار»

Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pearوخلال العشرين سنة الماضية، تم استخلاص معلومات غزيرة عن الصبّار، وانعكس ذلك في هذه الطبعة بالغة التنقيح في عام 2017.

إن تفاني كافة الخبراء الذين ساهموا في هذه الطبعة موضع تقدير كبير، ونأمل أن يصبح الكتاب مصدراً مفيداً لتلك البلدان المهتمة بتطوير إنتاج الصبّار أو تعزيزه، كما نشيد بالتعاون المثمر مع الشبكة الدولية لمجموعة العمل المتخصصة بنباتات الصبّار (CactusNet) وتشجيعها للآخرين على الانضمام إلى عملية توسيع إطار المخرجات التي توصلت إليها الشبكة وشركاؤها وكذلك المساهمة في هذا التوسيع.

Hans Dreyer

مدير قسم انتاج وحماية النباتات
منظمة الأغذية والزراعة
للأمم المتحدة (الفاو)

Andrew Noble

نائب المدير العام
المركز الدولي للبحوث الزراعية
في المناطق الجافة (ايكاردا)

شكر وتقدير

أنشئت الشّبكة الدّولية لمجموعة العمل المتخصصة بنباتات الصبّار (CactusNet) في أغسطس/آب 1993 عقب مناقشات أولية جرت في سانتياجو في سبتمبر/أيلول عام 1992، أثناء المؤتمر الدولي للصبّار الذي نظمه «فوسا سودزوكي و»كارمن سينز»في جامعة تشيلي، كما كان «أولوغيوبي-ميانتا»، أحد محرري الطبعة الأولى من هذا الكتاب، هو أول منسق عام للشبكة. وفي عام 1995، أسس فريق العمل الاول للجمعية الدولية لعلوم البساتين (ISHS) وقدم مساهمات جليلة في الأبحاث المقامة على الصبّارواستخداماته. وقد كان للأوراق البحثية المقامة في Acta Horticulturae والتي قُدمت في ندوات مجموعة العمل والمجلات العلمية تأثيرُ كبير في التقدم المعرفي تجاه الصبّار.

وها نحن نعيد الكرة بعد 25 عاماً في تشيلي، ونحن فخورن بتقديم الطبعة الثانية من كتاب « نبات الصبّار: بيئته وزراعته واستخداماته»، فالطبعة الأولى كانت بمثابة المعجزة، فتعتبر «معلماً مهماً في المعرفة المتعلقة بالصبّار «. فنحن كنا في المرحلة الاولى من مراحل استخدام الانترنت، فلم يكن هناك بريد الكتروني، بل كانت الأقراص المرنة (Floppy Disk) والبريد الجوي فقط. فقد أسهم في تلك النسخة ستة وعشرون مؤلفاً من 18 جامعة ومؤسسة بحثية في «تشيلي» و»ألمانيا» و»إسرائيل» و»إيطاليا» و»المكسيك» و»بيرو» و»جنوب أفريقيا» و»الولايات المتحدة الأمريكية». وكانت الطبعة الثانية مشابهة للطبعة الأولى، فهي ثمرة التعاون الدولي، ولا تزال إسهامات بعض مؤلفي الطبعة الأولى قائمة مثل: «جوسيب باربيرا»، و»كارمن سينز»، و»كاندلاريو موندراغون»، و»جيوفاني غراناتا»، و»ماريا» تي. فارنيرو، و»هيلموث زيمرمان»، بالإضافة إلى 30 مؤلفاً من عشرة بلدان. فنحن نشكرهم جميعها على تعاونهم في جميع مراحل التأليف والتحرير. كما نشكر جميع المحررين على مساهماتهم الحماسية في هذ الكتاب.

طوال الخمس وعشرين سنة الماضية، تلقينا دعماً مكثفاً من منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ICARDA)، ما دفعنا إلى التقدم بشكل ملحوظ. كان إنريك أرياس - من عام 1992 حتى تقاعده من منظمة الأغذية والزراعة في عام 2010 - بالنسبة للشبكة الدولية لمجموعة العمل المتخصصة بنباتات الصبّار (CactusNet) بمثابة المنارة الهادية عند هبوب عاصفة عاتية. فقد أنارلنا الطريق وخدم التطوير التقني والعلمي في المناطق الريفية الفقيرة، وذلك بروح من التفاني والالتزام. كما تلقينا الدعم الكامل من أومبرتو مينيني في السنوات الأولى، ومن بعده أليسون هودر، وكلاهما من شعبة الإنتاج النباتي والحماية، منظمة الأغذية والزراعة (الفاو). واليوم، حالفنا الحظ بمشاركة ماكيكو تاغوتشي في عملنا، والتي دعمت هذه الطبعة من الكتاب. كما أننا مدينون بشدة للطفها وعزمها «الراسخين». كما أصبح المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) شريكاً لشبكتنا عندما أصبح «علي نفزاوي» المنسق العام لها؛ حيث خلقت الشراكة بين منظمة الأغذية والزراعة والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة أجواءً دافعة نحو مواصلة تطوير أنشطة الشبكة الدولية لمجموعة العمل المتخصصة بنباتات الصبّار (CactusNet).

كما إن هذا الكتاب خرج إلى النور بدعم من منظمة الأغذية والزراعة والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، فضلاً عن مساهمات الوكالة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ) في الوقت المناسب.

كما نشكر جميع أعضاء الشّبكة الدّوليّة لمجموعة العمل المتخصصة بنباتات الصبّار (CactusNet). ونحن فخورون بالانتماء إلى هذه الجمعية ونعتز بتبادل العلم والصداقة فيها.

إن هذا الكتاب إهداء خاص إلى «انزا تشيسا»، التي كانت أحد أعضاء الجمعية. فقد كانت انزا متحمسة للعلم والصداقة والولاء، ولم تفارقها ابتسامتها حتى نهاية المطاف، وهنا نحن نتبسم إليها في أنفسنا ولروحها.

ولنختم بنفس الكلمات المستخدمة في الطبعة الأولى والتي نعتقد اعتقاداً راسخاً أنها لا تزال صالحة حتى يومنا هذا: نأمل مخلصين أن يسهم الكتاب بدور حيوي في زيادة المعرفة واستخدام الصبّار، بالنظر إلى إمكاناته في الزراعة والاقتصاد في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في العالم.

المحررون

01

الخلفيّة التاريخيّة والأهميّة الاقتصاديّة والزّراعيّة والبيئيّة

María Judith Ochoa (1) و Giuseppe Barbera (2)

(1)جامعة سانتياغو ديل استيرو الوطنية، الأرجنتين

(2)جامعة باليرمو، إيطاليا

© C. Mondragon Jacobo

01 الخلفيّة التاريخيّة والأهميّة الاقتصاديّة والزراعيّة والبيئيّة

مقدّمة

«إنّ أهمّ حدث منذ خلق الأرض ... هو اكتشاف جزر الهند» هذه الكلمات التي ألقيت على مسامع الإمبراطور تشارلز الخامس في عام 1552، وكان ملقيها فرانسيسكو لوبيز دي غومارا، وهو مؤلف الكتاب الشهير «التاريخ العام للجزر الهندية»، (1552)، تشهد على وعي الغزاة الأوروبيين بالنّتائج المحتملة من التقاء العالم القديم والعالم الجديد وطبقاً لكروسبي (1972)، كانت آثار «التبادل الكولومبي» ملموسة في النّباتات والحيوانات في مختلف أنحاء الأرض، خصوصاً في مجال الزّراعة. وقد استمرّ هذا التّبادل على مرّ القرون، وما يزال يهرنا. ولقد تفاوت معدّل تبادل الحيوانات والنباتات بين العالمين خلال العقود التي تلت أوّل رحلة لكولومبوس، واستطاع الغزاة فرض محاصيلهم التقليدية في أمريكا بسرعة ملحوظة، حيث كان لديهم من التّقدّم العلمي والتّقني ما يمكّنهم من ذلك، كما أنهم رغبوا في إعادة خلق عاداتهم وتقاليدهم المتّبعة في مجتمعاتهم الأصليّة. وعلى الجانب الآخر، استغرق التبادل هناك وقتا أطول، لأن الأوروبيين كانوا يهتمّون في المقام الأول بالمنتجات التي تدرّ أرباحاً فوريّة. وعندما أصبحوا مهتمّين بالنّباتات المحليّة في نهاية المطاف، كان ذلك نابعاً من فضولهم العلمي أو رغبتهم في تجريب غير المألوف، إذ لم يكونوا على بيّنة من مزايا تلك النباتات كغذاء أو سلع ذات أهميّة اقتصاديّة. وعلى العكس من ذلك، كان الإسبان في البداية قلقين من ثقافة الشعوب التي كانوا يغزونها، وأقبلوا على العادات الغذائية لتلك الشعوب بحذر شديد وبحكم الضرورة فقط (دوريا، 1992). لذلك فقد مرّت قرون عديدة قبل أن يحظى نبات الصبار (Opuntia) بالتقدير الكامل في مختلف مناطق العالم، وهو الذي كان إحدى النباتات ذات الأهمية الاقتصادية في حضارة الأزتيك.

الشكل 1
شعار مدينة تينوتشتيتلان على كتاب كودكسمندوزا، يصوّر نبات الصبار كمركز للكون

الخلفيّة التاريخيّة

في عام 1492، عندما بلغ الإسبان جزيرة هيسبانيولا (هايتي وجمهورية الدومينيكان الآن) في البحر الكاريبي، قدّم إليهم السّكّان الأصليّون الثمار الأحمر لنبات الصبار ، وكانوا يسمّونه «تونة»، وهي كلمة مشتقة من الكلمة الكاريبية تون «tun». وقد سرد المؤرخ إحدى القصص الطّريفة عن القادمين الجدد الذين اعتقدوا بأنهم قد تسمموا وأنهم كانوا ينزفون حتى الموت وذلك عندما رأوا لون بولهم بدأ يميل إلى الحمرة (كيسلينغ، 1999 أ). كان الأوروبيون الاوائل القادمون إلى القارة الأمريكية يقدّرون الدّور الثّقافي والاقتصادي الهام للصبار في العالم ما قبل الاسبان. عندما وصل أول الغزاة، إتش. كورتيس، إلى الهضبة المكسيكية في 1519، استطاع أن يلاحظ وجود نبات nopalli(اسم النبات باللغة الناهواتلية) في كل مكان، وعند دخوله ولاية تلاكسكالا (دياز ديل كاستيلو، 1991)، استقبله السّكّان بثمار نبات الصبار (nochtli). وكان نبات الصبار جزءاً من ثقافة الأزتيك حتى أنّ علم الجيش الأزتيكي عليه نسر يقف على نبات الصبار ويأكل ثعباناً. وكانت تسمى عاصمة الإمبراطورية تينوتشتيتلان، أي « نبات الصبار فوق صخرة» (مكسيكو سيتي الآن). هذا المشهد ذاته يبرز في الصفحة الأولى من كتاب كودكسمندوزا، وهو يظهر نبات الصبار بمثابة مركز الكون (بيردانوأنوارت، 1992) (الشكل 1).

بدأ الغزاة في أكل الثمار. كتب أوفييدو إي فالديس- أول المؤلفين في وصف الثمار والنبتة- أن زملاءه «عرفوا تلك الثّمار واستمتعوا بأكلها» في هيسبانيولا في 1515. كما قدم وصفاً دقيقاً، (لا سيما في عمل من أعماله اللاحقة المؤلفة في 1535)، حول مورفولوجيا نبتة الصبار وشكلها. ووفقا لهذا الوصف، لم ينبت الصبار فقط على أراضي هيسبانيولا، بل أيضا على الجزر الأخرى وفي مناطق أخرى من الجزر الهندية. وعلاوة على ذلك فإنّ «كل مكونات النبتة لذيذة، ثمارها وبذورها أيضاً».

وهناك مؤلفون آخرون سجلوا نجاح الثمرة لدى السكان المحليين والإسبان على حد سواء (دونكين، 1977). ونخص بالذكر كل من أوفييدو إي فالديسو توريبيو دي موتولينيا وغاليوتو سي (1539 - 1553)، الذين وصفوا أنواعاً مختلفة من الصبار، وكثيراً ما سلطوا الضوء على استخدامات أخرى للصبار، بالإضافة إلى كونه طعاماً يُؤكل، مثل الاستخدامات الطبية لمعالجة الكسور، وكمصدر للمياه وحواجز أو سياجات. ويؤكد توريبيو دي موتولينيا وجود أنواع مختلفة، وقد ذكر «أنواعاً كثيرة»، وكذلك برناردينو دي ساهاغون وفرانسيسكو هرميندیز (حوالي عام1570)، اللذان ذكر أحدهما 13 نوعاً وذكر الآخر تسعة أنواع. وعلى الرغم من هذا الاهتمام، لم يكن هناك تقييم حقيقي للقيمة الاقتصادية لهذه الثمار.

من ناحية أخرى، حظيت الصبغة الحمراء ذات القيمة العالية (no-cheztli) بتقدير كبير من جانب الإسبان، الذين سمّوها «الحشرة القرمزية» granacochinilla. فقد كانت الصبغة غنية بحمض الكارمينيك وكان يتم استخراجها من الحشرة القرمزية

Dactylopiuscoccus التي تعيش على نبات الصبار (ريس أغيرو وآخرون، 2005). وقد ارتقى تصنيف الصبغة الحمراء إلى درجة عالية لخصائصها التجارية، وربما تم شحنها بكميات صغيرة إلى أوروبا في وقت مبكّر. وثبت أن إسبانيا كانت تطلبها بحلول عام 1521، وأنه في عام 1544، وفقاً لسرفانتس دي سالازار، «تم استيراد كميّة كبيرة بتكلفة عالية من جانب إسبانيا» (دونكين، 1977).

أثبت المنتج الجديد نجاحه بسبب لونه شديد الحمرة. بل كان أكثر السلع المستوردة من أمريكا في نهاية القرن السادس عشر، وهو بذلك احتل المرتبة الثانية بعد المعادن الثّمينة. كانت الطّبيعة الدقيقة لمسحوق القرمز (grana) موضع نقاش لفترة طويلة، حتى جاء هارتسويكر (1694) وفان لينوينهوك (1704) ودي روشر (1729) ليحدّدوا أنه من أصل حيواني (دونكين، 1977).

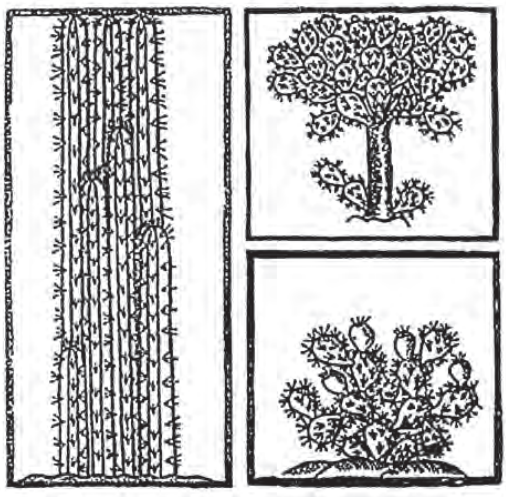
ومع ذلك، وعلى الرغم من الأهمية الاقتصادية لمسحوق القرمز، لم يتمّ إدخال النبات العائل للحشرات القرمزية إلى أوروبا. وكان هناك حظر على تصدير نبات الصبار الموبوء، واحتكره الإسبان على مدار قرنين من الزمن، حتى استطاع الطبيب الفرنسي ثيبري دي مينونفيل جلب الحشرة إلى البلاد الواقعة تحت السيادة الفرنسية (هايتي) في عام 1777. وقد عُثر على الحشرة في الهند في عام 1795 وفي أوروبا في بداية القرن التاسع عشر، حيث فشلت محاولات إكثارها في فرنسا وإسبانيا وإيطاليا. وفي عام 1583، كان هناك 14 مزرعة لإكثار نبات الصبار في الجزائر، وفي 1860-1850 كانت جزر الكناري تصدّر بالفعل ضعف الكميّة المستوردة من أمريكا (دونكين، 1977). ومن هنا، وبما أن نبات الصبار لم يتم إكثاره لأسباب اقتصادية، يمكن أن نستنتج أن الأوروبيين كانوا ينجذبون، بشكل رئيسي، إلى شكله الذي كان جديداً عليهم تماماً.

والواقع أنّ الرحّالة الأوروبيين ذهبوا بحثاً عن النباتات غير العادية (كانت أوروبا في «زمن اكتشاف الأشياء العجيبة ») وكان ينطبق هذا الوصف على نبات الصبار. تبرز الصور الأولى نبات الصبار وغيره من أنواع الصبّار العمودي في كتاب التاريخ الطبيعي والعام لجزر الهند (Historia Natural y General de las Indias)، وهو من تأليف الضابط الإسباني غونزالو فرناندو أوفييدو إي فالديس في عام 1536 (الشكل 2) (تم تسجيل معلومات مكتوبة في وقت سابق في رحلة كولون الثانية في منطقة البحر الكاريبي). وقد كتب أوفييدو إي فالديس: «لا أستطيع الحسم ما إذا كانت مجرّد شجرة أو أحد أكثر الوحوش المخيفة بين الأشجار.» غير أن كلماته ورسوماته لم تكن كافية لتقديم وصف دقيق: «كنت أفضل أن يرسمها بيروجويت أو غيره من كبار الرسامين مثل ليوناردو دا فينشي الذي التقيت به في ميلانو أو أندريا مانتيغنا ....».

لم يتمّ توثيق دخول الثمرة إلى أوروبا، ولكن من المؤكد أنّ ذلك حدث ذلك قبل 1552، حيث إن لوبيز دي غومارا عندما كتب عن نبات الصبار «النوبال»، قائلا إنّ النبتة كانت معروفة بالفعل في إسبانيا (دونكين، 1977). وكان النبات ficus-indicaأو- كما أسماه بيرغر (1912أ) -amyclaea. ربما نمت نباتات الصبار الأولى في أوروبا على مقربة من إشبيلية أو كاديز اللتين كانتا بمثابة رصيف استقبال الحركة التجارية مع الجزر الهنديّة (دونكين، 1977)؛ ثم انتشر في الأراضي الخصبة في القصور الأرستقراطية وكذلك الحدائق النباتية. ويقال إن نبات الصبار كان موجودًا في إيطاليا في حوالي عام 1560، وفي ألمانيا وهولندا في 1583، وفي انكلترا في 1596 (دونكين، 1977).

وقد حظي على الفور بقبول واسع كنبتة عجيبة تستعمل أساسا لأغراض الزّينة. وقد كتب بيار أندريا ماتيولي الذي كان من أول من رسم لوحة مستمدّة من النباتات التي تنمو في أوروبا في عام 1558: «هذا النبات يستحق بجدارة أن يدرج ضمن معجزات الطبيعة». وتضمن إصدار 1568 من كتابه Discorsi جدولين يشهدان بالذوق العام المحيط بالأصناف التي لم تحظ ثمارها بالتقدير الكافي - فبالكاد كانت تنمو في شمال إيطاليا - وقد نقل ماتيولي عن أوفييدو إي فالديس ما قاله عن أحد تأثيراتها المريعة المزعومة فهي عندما تؤكل، يصير البول أحمر اللون.

نقل الإسبان الصبار - وعلى الأرجح أيضاً إلى حد كبير الحشرة القرمزيّة Dactylopius coccus- إلى بيرو، على الرغم من استخدام أنواع الحشرة القرمزية الأخرى في الصباغة قبل الحقبة الإسبانية (دي أكوستا، 1590). وفي الأرجنتين، تم تصنيع صبغ النسيج الأحمر والملابس والمعاطف التقليدية (دي أكوستا، 1590) باستخدام صبغة الحشرة القرمزية المحلية. وتم توثيق الاستخدام الطبي للصبار ومشتقاته في كتاب (Medicinaen el Paraguay natural) «الطب في المناطق الطبيعية في باراغواي» (1771 - 1776)، تأليف خوسيه سانشيز لابرادور؛ حيث وصف استخدام cochinillagu-sano de la grana (الحشرة القرمزيّة) لعلاج الحمى والجنون، وبيّن كيف كانت الثمار تستخدم كمرطبات والبذور كمادة للتطهير (رويز مورينو، 1948).



الشكل 2
رسومات للصبّار العمودي ونوعين من صبّار—Oviedo Valdés، 1535

إنّ مقال جون أروزميث (لندن، 1842) حول طبيعة مدينة بلاتا ومقاطعاتها يشير إلى مقاطعة سانتياغو ديل إستيرو في شمال الأرجنتين بأنها مصدر إنتاج ضخم لمسحوق القرمز (الشكل 3).

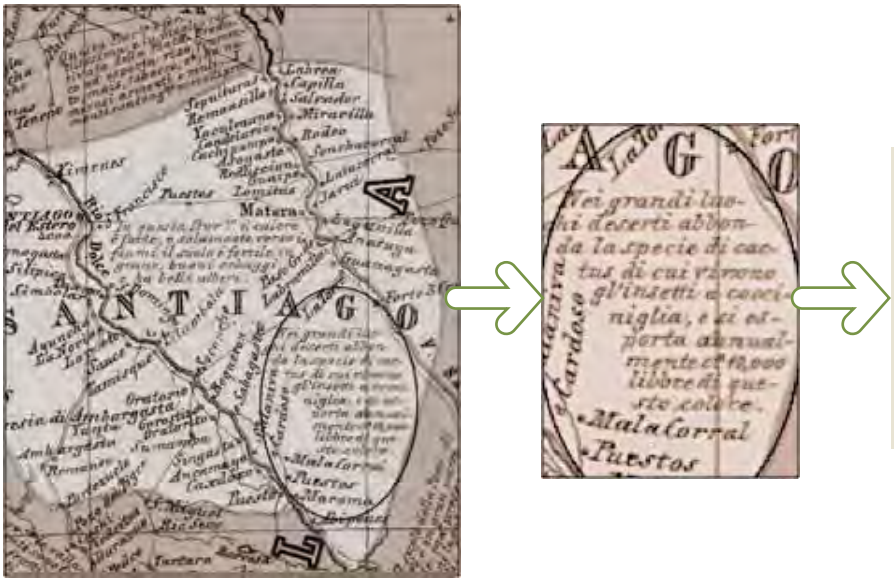
في عام 1580، أشار جيان فيتوري أو. سوديريني إلى الأصل

المكسيكي للثمرة وكيف أنها أصبحت مثار فضول مثل الطاووس. وفي نهاية القرن، أطلق أغوستين ديل ريتشيو على الصبار «النبات المثالي لحدائق الملوك» (تانجيورجيتوماسي إي. توسي، 1990). وهناك العديد من الأعمال الفنية التي تتضمن الصبار. وهناك أيضا لوحة مائية رائعة لنبات الصبار Iconographia Plantarum رسمها يوليس ألدروفاندي، ويرجع تاريخها أيضاً إلى نهاية القرن السادس عشر. وفي عام 1600، أمر أسقف بلدة آيشتيت بأن تشمل مخطوطة Hortus Eystehensis جميع النباتات في حديقة القصر، بما في ذلك رسوماً للصبار . كما تحتوي لوحة بيتر بروغل الأكبر «أرض الوفرة» (1567، معروضة الآن في متحف ألت بيناكوثيك في ميونيخ) أيضاً على نبات الصبار (Opuntia). وفي ساحة نافونا الرائعة في روما، قام جيانلورينزوبيرنيني في ما بين 1648 - 1651بنحت نافورة الأنهار الأربعة، التي صممها بوروميني، وصوّر الصبار بجانب نهر ريو دي لا بلاتا. وبحلول القرن السابع عشر، كانت هناك أدلة على وجود نبات الصبار في أوروبا، فكان هناك نقش على الخشب من جانب إيه. سويتزر (1650، موجود الآن في المكتبة المركزية الوطنية في فلورنسا) يظهر الصبار بين غيره من النباتات في حديقة عدن؛ وفي 1650 /1651، كتب جيه. بهلين: «إنه ينمو في الحدائق المتدلية في قصور النبلاء».

وفي المناطق الشمالية، كانت الزراعة ممكنة فقط في عدد من الأماكن المحظوظة، حيث كان يجب حماية النباتات بشكل جيد لتتحمل برودة الشتاء أو أن توضع في صوب زجاجية. أما في مناطق البحر الأبيض المتوسط، فقد كان المناخ جيداً، وسرعان ما تمت إضافة نبات الصبار إلى المزروعات المحلية، مما جعله أحد العناصر الأكثر شيوعا وتمثيلاً للمساحات الخضراء في المنطقة. وانتشر النبات على طول الساحل المتوسطي، فأكلت الطيور من ثماره، وأخذه المورو معهم من إسبانيا إلى شمال أفريقيا، ثم نُقل النبات أيضا لمكافحة داء الاسقربوط (الناجم عن نقص فيتامين ج)، حيث إنّ نباتات الصبار تتحمل بسهولة الرحلات الطويلة دون أن تفقد القدرة على التجذُّر (كيسلينغ، 1999أ). وخلال القرن الثامن عشر، انتشر نبات الصبار في جنوب أفريقيا (1772) والهند (1780) والصّين (1700) والهند الصينية، برغم أنه من المحتمل أيضاً أن يكون قد دخل إلى هذه البلدان قبل ذلك الوقت (دونكين، 1977). وأصبح استخدام صورة النبتة وثمرتها شائعاً جدّا خلال القرن التاسع عشر في الفنون والرّسوم الكاريكاتوريّة والتّسويق، وحتّى في السّياسة (باربيرا وإنغليز، 2001). وهناك العديد من الفنانين، بمن فيهم دييغو ريفيرا وفريدا كاهلو وروي ليختنشتاين وفيليس كاسوراتي ورياتو غوتوسو، ممن استخدموا نبات الصبار في أعمالهم.

الوضع الرّاهن

يشكل نبات الصبار حالياً جزءاً من البيئة الطبيعية والنّظم الزّراعية، ويعتبر نبات الصبار Opuntia ficus-indica (إل. ميل) أهم أنواع الصبار اقتصاديا على مستوى العالم (كيسلينغ، 1999أ). وهو يُزرع في أمريكا وأفريقيا وآسيا وأوروبا وأوقيانوسيا (كاساس وباربيرا، 2002). كما انتشر النبات من كندا إلى باتاغونيا، والأرجنتين، ومن السواحل إلى ارتفاع 100 5 مترفوق سطح البحر في بيرو (برافو هوليس وشينفار، 1995). وعندما وجد المستكشفون الأوروبيون النبات للمرة الأولى ، كان منتشراً في أمريكا الوسطى وكوبا وجزر الكاريبي الأخرى (غريفيث، 2004). كما اجتاح النبات المناطق مرتفعة الحرارة ذات الأمطار الموسمية، على سبيل المثال، في جنوب أفريقيا وأستراليا (ويسلز،1988أ ، زيمرمان وآخرون، 2009). أمّا في ما يتعلّق بمناخ البحر المتوسط، فقد كان الاجتياح



الشكل 3
الأطلس الجغرافي لسانتياغو ديل استيرو، الأرجنتين

يمكن العثور على العديد من أنواع الصبّار في أكبر المساحات الصحراوية حيث تعيش االحشرة القرمزية، وحيث يتم تصدير حوالي 000 5 كغم من هذا اللون.

الطبيعي محدودًا بسبب الرطوبة ودرجات الحرارة الباردة التي تتعارض والظروف الدافئة والجافة في الصيف (باربيرا، 1995).

وقد استحوذت الاستخدامات التّقليدية والشّائعة للصبار في مجموعة واسعة من البلدان ووظائفها المتعددة على خيال المزارعين ومربي المواشي والأوساط العلمية على حد سواء.

الأمريكيتان

الأرجنتين

تزرع الأرجنتين نبات الصبار على مساحة تبلغ 650 1هكتاراً، يقع 60 في المائة منها في المنطقة الشمالية الشرقية، وينتشر الجزء المتبقي في الوسط وكويو (تارجا وآخرون، 2013). أما النوع المستنبت الرئيسي الذي يمثل الاختيار المحلي فيطلق عليه Amarilla sin espinas (نبات الصبار أصفر وأملس) (أوشوا، 2003). ويذهب الإنتاج إلى الأسواق الوطنية في قرطبة وبوينس آيرس. وخلال سنوات الجفاف الخمس الماضية، استخدم المنتجون نبات الصبار ficus-indica كعلف للماشية. وقد شرعت المؤسسات البحثية في إدراجه في برامجها ومشاريعها البحثية.

بوليفيا

يشيع استخدام نبات الصبار ficus-indica في بوليفيا، حيث إنّ استخداماته متعددة. وقد تم تطوير إنتاجه في كوتشابامبا، وتشوكيساكا، وسوكري، وتاريجا، ولاباز، أي في المناطق التي تتراوح كمية الأمطار فيها بين 650 - 640 ملم سنوياً وعلى ارتفاعات 500 1 - 000 3 مترفوق سطح البحر. وفي السنوات الأخيرة، تم الترويج للصبار في منطقتي باسوراب وكوتشابامبا، بدعم من مركز بحوث الأعلاف وجامعة سان سيمون في مدينة باسورابا، وذلك في إطار برنامج التنمية الزراعية المستدامة (بوليفيا). وفي منطقة الوادي وتشاكو، تتم حالياً زيادة إنتاج نبات الصبار لتلبية الطلب على علف الماشية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في بوليفيا (إم. أوتشوا، تواصل شخصي).

البرازيل

تملك البرازيل مساحة إنتاج للصبار تبلغ 500 ألف هكتار (جيه. دوبيوكس، تواصل شخصي) في المنطقة الشمالية الشرقية في ولايات بارايبا وبرنامبوكو وسيرجيبي وألاغواس، وامتدت زراعة نبات الصبار مؤخراً إلى ولايات أخرى مثل باهيا وريو غراندي ديل نورتي وسيارا. ويزرع نبات الصبار عدد كبير من صغار المزارعين، ويتوجه أغلب الإنتاج إلى علف المواشي. تفتخر البرازيل بامتلاكها أكبر منظومة لإنتاج نبات الصبار في أمريكا الجنوبية، كما أنها تتمتع بأعلى مستوى من الإنتاج والتكنولوجيا في إنتاج العلف المكثف. وفي هذه المنطقة، يحتل إنتاج نبات الصبار -O. ficus-indica - أعلى المستويات في العالم.

تشيلي

تغطي مناطق إنتاج نبات الصبار في تشيلي 934.4 هكتار من دون حدوث تغييرات كبيرة عن العقد الماضي. أما المناطق الرئيسية لإنتاج الثمار فهي منطقة متروبوليتانا ومناطق كوكيمبو وفالبارايسو (أوديبا، 2016).

إن نبات الصبار ficus-indica يعطي موسمين سنوياً من دون أي تدخل فني، ويمتدّ الموسم الأول من الشهر الثاني إلى الرابع، بينما يمتدّ الموسم الثاني من الشهر السابع إلى التاسع. ورغم أن المحصول الثاني يبلغ ثلث كمية الموسم الأول فقط، إلاّ أنّ أسعاره تصل إلى أعلى مستويات (سودزوكي هيلز وآخرون، 1993؛ سينز وآخرون، إدس، 2006). في تشيلي يتم توجيه الإنتاج نحو استهلاك الثمار الطازجة في الأسواق المحلية. وكنتيجة للمشاريع التي أنشئت في السنوات الأخيرة، فهناك اهتمام متزايد نحو استخدام نبات الصبار في النظام الغذائي التشيلي marmalades أو nopalitos.

بيرو

في الوقت الحاضر، يتم توجيه إنتاج 60 في المائة من نبات الصبار لإنتاج الصباغ القرمزي و40 في المائة لسوق الثّمار الطازجة. وفي السنوات الأخيرة، تطور تحويل الثّمار إلى عصير.

ويوجّه محصول نبات الصبار بشكل رئيسي للاستهلاك المحلي بدلاً من تصديره. ويتم إنتاج الصباغ الأحمر النّاتج من الحشرة القرمزية على مساحة تبلغ عشرة آلاف هكتار في المزارع المكثّفة (80 في المائة من المساحة) وشبه البرية في مقاطعتي هواروشيري وإياكوتشو. وفي عام 2012، أنتجت جمعية منتجي الصبار والصباغ القرمزي في هواروشيري أكثر من خمسة آلاف طن من ثمار الصبار لطرحه في الأسواق المحلية، وهو يمثل نوعا Morada و Blanca أهم الأنواع النباتية.

المكسيك

بلغ نبات الصبار في المكسيك أعلى درجة من التنوع الجيني وأعلى مستوى من الاستهلاك (ريس أغيرو وآخرون، 2005). وفيما يلي الأنواع الرئيسية المستخدمة في المكسيك: O. ficus-indica, O. joconoxtle, O. megacantha. O. streptocantha. وفضلا عن ذلك، يتم حصاد O. robusta و O.streptacantha, O. leucotricha, O. hyptiacantha O. chavena في البرية على مساحة تبلغ ثلاثة ملايين هكتار في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ذات التربة الفقيرة في مناطق سونورا، باجا كاليفورنيا، باجا كاليفورنيا سور، سينالوا، تشيهواهوا، كواهويلا، نويفو ليون، تاماوليباس، دورانجو، زاكاتيكاس، سان لويس بوتوسي، خاليسكو، غواناجواتو، كويريتارو، وهيدالغو.

استخدمت أولى تقنيات الزراعة الحديثة لأفضل أنواع الصبار في الاربعينيات والخمسينيات في بعض ولايات المكسيك وهي زاكاتيكاس، سان لويس بوتوسي، أغواسكاليينتس، خاليسكو، وغواناجواتو. وقد بلغت هذه المنظومة ذروتها في عام 1985، نتيجة للبرامج الاجتماعية التي أطلقت في نهاية السبعينيات (بيمينتاباريوس، 1990). وفي الوقت الحالي،

يتوزّع إنتاج الصبار بين ولايات مختلفة، خصوصا في المقاطعة الاتحادية، ولاية المكسيك، وسان لويس بوتوسي، وزاكاتيكاس، وتامولیباس، وأجواسالنتيس، وغواناخواتو (دائرة المعلومات الزراعية والسمكية، 2014). ويحتل الصبار المرتبة السادسة ضمن محاصيل الثمار في المكسيك، بعد البرتقال، والأفوكادو، والموز، والمانجو، والتفاح (دائرة المعلومات الزراعية والسمكية، 2014).

إنّ التاريخ الحديث لنبات الصبار كأحد المحاصيل في المكسيك شهد عدة محطات هامة. فخلال السبعينيات وأوائل الثمانينيات من القرن العشرين، حظيت المحاصيل بدعم كبير من البرامج الحكومية، وشجعت على نطاق واسع كبديل للفاصوليا الجافة والذرة. وكان التوسع مكثفاً وتجريبياً، وذلك بحسب التطورات التقنية المحدودة المتاحة. بدأ العديد من المزارعين في زراعة الثمار وإنتاجها دون تطوير السوق بالشكل المناسب. وفي هذه الفترة، كانت غالبية الأسواق المحلية عرضة لتقلبات شديدة في الأسعار. وفي عام 1985، دعمت الحكومة جمعيات المزارعين على أساس تقييم احتياجات المحاصيل وتقييم المشاكل. وشاركت جميع الجهات الفاعلة في سلسلة الإنتاج: المزارعون وبائعو الجملة والتجزئة، والشركات الصناعية الزراعية الرائدة. وبعد أن ازدادت البحوث والدراسات، تم وقفها بسبب غياب التمويل المناسب. وكانت هذه التطورات تتماشى مع التوجه العام، حيث دخل المزارعون المكسيكيون الأسواق العالمية وتعرّضوا للمنافسة المفتوحة من المزارعين الأجانب بينما كانوا في وضع يسمح لهم باستغلال أسواق التصدير.

وفي المناطق شبه القاحلة في وسط المكسيك، أصبح نبات الصبار الخيار الأكثر موثوقية وربحية للاستفادة من المساحات المطرية بالمناطق شبه القاحلة. وفي المناطق المعرضة للجفاف، يعتبر الصبار المحصول المفضّل على الذرة أو الفاصوليا الجافة، بينما يعتدل إنتاجه في مواقع أكثر إلى حد أكبر، إذ يعتبر مكملاً للدخل المكتسب من هذه السلع الأساسية. وتوضح الأرقام المتاحة أهميته، فالمنطقة المزروعة تغطي 876 53 هكتارا؛ وهو محصول الثمار الخامس في البلاد من حيث الأهمية؛ ويعتمد دخل حوالي 20 ألف أسرة على زراعة الصبار. وقد بلغ الإنتاج السنوي الإجمالي 763 428 طن سنويا (غاليغوس فازكيز وآخرون، 2013). ويمثل الإنتاج النباتي الذي يتميز باستخدام مساحات صغيرة من الأراضي 12 ألف هكتار إضافية من المساحة المزروعة.

شهد العقدان الماضيان **تغييرات كبيرة في إنتاج نبات الصبار في المكسيك:**

- تحوّل بطيء وثابت إلى الريّ بالتنقيط في المناطق شبه القاحلة، وهي ممارسة لم يُسمع عنها في القرن الماضي.
- استحداث زراعة الصبار في المناطق الأكثر اعتدالاً، حيث هطول الأمطار لا يؤدي إلى مشاكل، وحيث التربة جيّدة في المرتفعات الوسطى وبعض المناطق شبه الاستوائية في وسط وجنوب غرب البلاد.
- زيادة استخدام التقنيات الميكانيكية في تنظيف الثمار.
- استخدام مواد التعبئة والتغليف المحسنة والعروض التجارية الجديدة نظرا لانتشار ثمار الصبار في محلات السوبرماركت في المدن الكبيرة ومتوسطة الحجم والاهتمام المتجدد بسوق التصدير.

وقد أدّى الاهتمام الشديد بالخصائص الغذائية للصبار وآثاره الإيجابية على صحّة الإنسان، الذي يرجع إلى الاستهلاك المنتظم للثمرة وجذوع النبتة الطرية، إلى إجراء عدد كبير من الدراسات العلمية منذ بداية القرن. ومن ناحية أخرى، أثبت إنتاج الأعلاف فائدته على المستوى التجريبي وشبه التجاري، ولكنه لم ينتشر، ربما بسبب وفرة المواد الغذائية الأساسية وانخفاض إيرادات نظم الإنتاج الحيواني التقليدية وخسارة المراعي.

نبات الصبار في البساتين العائليّة أو *nopaleras de solar*

توجد هذه البساتين في البيئات الريفية، حيث إنّ ثمار الصبار عنصر هام في النظام الغذائي في الهضبة الوسطى وفي الشمال. وينمو Nopaleras de solar في ولايات زاكاتيكاس، وسان لويس بوتوسي، وغواناجواتو، وأغواسكالينتس، ويُستخدم معظمها في الاستهلاك الشخصي أو يباع في الأسواق المحلية.

إنتاج نبات *nopalitos*

تعتمد زراعة nopalitos (وهي الألواح الطرية المستخدمة في الطعام المكسيكي) على مجموعة مختارة من أفضل الأنواع. وتقع أكبر منطقة زراعية في مدينة مكسيكو في منطقة ميلبا ألتا، حيث دعمت البرامج البحثية الإنتاج وطوّرته منذ عام 1950. هذه المنطقة هي الأكثر أهمية في البلاد من حيث مستويات الإنتاج والجودة العالية. كما يعتبر الصبار ficus-indica من أهم الأنواع على المستوى الاقتصادي في جميع أنحاء العالم (كيسلينغ، 1999أ).

الولايات المتحدة الأمريكية

أنشأ الرهبان الفرنسيسكان أول مزرعة في الولايات المتحدة الأمريكية أثناء استعمار كاليفورنيا. وفي مطلع القرن العشرين، كانت المجموعة التي انتقاها لوثر بوربانك تستخدم على نطاق واسع في النظام الغذائي البشري والحيواني. واليوم يُزرع الصبار لإنتاج الثمار في كاليفورنيا على مساحة 120هكتاراً من الإنتاج المكثف (وقد تم تسويقه تحت العلامة التجارية «داريغو بروس» في عام 1928) (بي. فيلكر، تواصل شخصي). وفي ولايتي تكساس وأريزونا وأجزاء من ولاية كاليفورنيا، غالباً ما يُستخدم صبار O. lindheimeri كعلف في حالات الطوارئ (راسل وفيلكر، 1987أ). وهناك أيضاً بعض الصناعات الصغيرة التي تعتمد على معالجة الثمار للاستخدام كهلام (الجيلي).

في عام 1911، هاجر ستيفن داريجو إلى الساحل الشرقي في سن السابعة عشرة. وقد بدأ ستيفن في زراعة الخضار مثل القرنبيط والشمر في سان خوسيه، حيث كان ينتشر هذا النوع من الخضار في موطنه، ولكنه لم يكن متاحاً في أمريكا، وأصبح موزعاً للصبار في الشرق في أواخر العشرينيات.

وفي عام 1930، سجل ستيفن علامة تجارية باسم «أندي بوي» وكذلك

شعاراً يصور ابنه أندرو ذا السنوات الست. وعندما توفي ستيفن في عام 1951، تولى أندرو إدارة الشركة، و ما يزال يديرها حتى يومنا هذا وقد بلغ عمره 87 عاماً. وهو يولي اهتماماً خاصاً بالصبار في الشركة. وقد مرّت زراعة الصبار في سانتا كلارا بعدة مراحل ما بين الانكماش والتوسع خلال فترة الكساد والحرب العالمية الثانية وسنوات ما بعد الحرب. وفي الوقت الذي تطورت فيه المنطقة وارتفعت أسعار الأراضي، نقل ماركو وسال لوب، حفيدا رانكادور، معظم إنتاجهما جنوباً إلى جيلروي. وفي عام 1968، قررت عائلة لوبو التخلي عن زراعة الصبار، ولكن اندرو داريغو تدخل واشترى الشركة، بما في ذلك بساتين الإنتاج.

ومع ندرة اليد العاملة، أوقف الممارسة التقليدية المتمثلة في تغليف كل ثمرة في ورقة مستقلة. وفي الثمانينيات، نقل مزارعه إلى منطقة غونزاليس في جنوب شرق سالیناس.

كان هذا الوادي الخصب ذو المناخ البحري المعتدل يُعرف باسم «طبق السلطة» الصيفي في أمريكا، وربما بدا غريباً أن ينمو الصبار في هذا الوادي بسبب ارتباط اسم الصبار في أذهان الناس بالصحراء الحارقة. وعلاوة على ذلك، فإنّ الموسم الرئيسي للصبار في المكسيك هو الصيف، عندما تصدّر البلاد كميات كبيرة من الثمار الرخيصة إلى الولايات المتحدة الأمريكية. ومع ذلك، في المناخ الشمالي الأكثر برودة، تمت الاستعانة بتقليد زراعي قديم من صقلية الإيطالية معروف باسم سكوزولاتورا scozzolatura، وهو يتلخص في إزالة البراعم التي تنمو في الربيع لتأخير موعد نمو الثمار، حتى بات داريغو يقطف ثمار الصبار من شهر أكتوبر/تشرين الأول إلى شهر مارس/آذار، للحصول على أسعار أعلى عندما تكون المنافسة محدودة. وفي الآونة الأخيرة، أنتجت شركة «داريغو براذرز» عدداً من الأصناف الجديدة، وذلك بفضل العمل الذي قام به كل من آر. بانش وبي. فيلكر.

أفريقيا

حظي توريد الصبار إلى شمال أفريقيا بدعم من خلال التوسع الإسباني خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر، وكذلك بعودة المورو إلى موطنهم الأصلي عندما تم ترحيلهم من إسبانيا في 1610 (ديغيت، 1928). فقد أخذوا معهم الصبار وزرعوه حول القرى التي يعيشون فيها (ديغيت، 1928).

الجزائر

تاريخياً، كان انتشار الصبار في الجزائر مشابهاً لانتشاره في المغرب وتونس. أما اليوم، فإنّ المساحة المخصّصة لزراعته في الجزائر تمتدّ إلى أكثر من 30 ألف هكتار، 60 في المائة منها في بلدية سيدي فرج (45 كيلومتر شمال سوق أهراس) والمساحة المتبقية في أولاد ميمون، وتاورة، والدريعة، وعويلان (هفبوست الجزائر، 2015). وقد تم توسيع هذه المساحة من جانب الهيئة العليا لتطوير السهوب ومديرية الخدمات الزراعية والمحافظة على الغابات من أجل السيطرة على الزحف الصحراوي (بلقاسم،2012).

في المنطقة الشمالية، كان الصبار ficus-indica يُستخدم سياجا حول المنازل والبلدات الصغيرة. ويستفاد من هذه النباتات أيضاً لإنتاج الثمار، وتُستخدم مصدرا للأعلاف في موسم الجفاف. ويتم جمع الثمار من المزارع البرية وتستخدم للاستهلاك البشري أوتُباع في الأسواق المحلية. وفي الجنوب، يستخدم الصبار كعلف لتغذية الإبل والحيوانات المجترة الصغيرة.

وكما هو الحال في البلدان الأفريقية الأخرى، فإنّ المحصول يحظى باهتمام متزايد في الجزائر التي تمتلك الآن وحدة لتحويل الصبار. ويمكن لهذه الوحدة معالجة طنين في الساعة، يقع هذا المصنع في سيدي فرج على مساحة خمسة آلاف متر مربع. وتتمثل وظائفه الرئيسية تعليب ثمار الصبار وإنتاج الزيوت الأساسية والمستحضرات الصيدلانية والعصائر والمربيات والعلف الحيواني. ويعتبر التصنيع وسيلة هامة لتحسين الدخل لسكان ولاية سوق أهراس (وكالة إكوفين، 2015).

أثيوبيا

على الحدود الارترية ، تُعرف منطقة تيغراي الإثيوبية بزراعة الصبار، ويطلق عليه اسم البِل-لس as beles. ولهذا المحصول دور اقتصادي وثقافي هام يظهر صداه في الأغاني الشعبيّة والأمثال: «يا، بِل-لس أنقذتني في هذا الصيف ريثما يأتي الشعير مبتهجاً لإنقاذي». ويعتمد دخل أكثر من 85 في المائة من سكان تيغراي على الزراعة بشكل مباشر. وبالنظر إلى الضغوط المتزايدة التي يمارسها الإنسان والماشية على الأراضي بشكل مستمر، وتزامن ذلك مع انخفاض إنتاجية التربة وتواتر سنوات الجفاف والمجاعات، أضحى هناك اعتماد متزايد على نبات الصبار للتقليل من المخاطر وضمان الأمن الغذائي والزراعي. ويؤدّي نبات الصبار دوراً اقتصادياً حيوياً، فهو مصدر غذاء وحطب وقود لأسر وعلف للحيوانات، وفي بعض الحالات يكون وسيلة إضافية لزيادة الدخل ورفع كفاءة صغار المزارعين ومحدودي الدخل وتعزيز قدرتهم الاقتصادية. وتبلغ مساحة تيغراي حوالي 80 ألف كيلومتر مربع وتمتد زراعة الصبار على حوالي 360 ألف هكتار، حيث يمثل ثلثي المساحة المزروعة. وقد تمت زراعة ما يقارب من نصف هذه المساحة الحالية من صبار Opuntias، أما الجزء المتبقي فيحتله الصبار المحلي Cacti. وهناك مشاريع مختلفة أنشئت لزيادة الوعي باستعمالات الصبار من جانب المجتمعات المحلية. ومع ذلك، فإنّ استخدام الحشرة القرمزية Dactylopius coccus أسفر عن مشاكل خطيرة حيث أصبحت معادية للصبار البري.

إن الصبار يُستخدم في الأساس لإنتاج الثمار، على الرغم من عدم زراعته بطريقة رشيدة أومكثفة. وقد أثمرت مشاريع التعاون الفني لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة في المنطقة بالشراكة مع أعضاء الشبكة الدولية للصبار (CactusNet)؛ الاستخدامَ المتزايدَ لصبار النوبال nopalitos.

المغرب

وصل نبات الصبار إلى المغرب في عام 1770، وهو الآن يحتل مرتبة مرموقة بين المساحات الخضراء في البلاد. ونتيجة للجفاف، شهدت المساحة المزروعة تطوراً كبيراً في العقدين الماضيين: من 50 ألف هكتار في عام

1998إلى أكثر من 120 ألف هكتار في الوقت الحاضر. ويضمّ إقليم كلميم سيدي أفني أكثر من 50 في المائة (أكثر من 50 ألف هكتار) من مساحة الأراضي المزروعة صبارا على المستوى الوطني، يليه الحوز في قلعة السراغنة بنسبة 30 في المائة (حوالي 33 ألف هكتار). ويحتل إقليم خريبكة المركز الثالث، وإقليم دكالة المركز الرابع. ويعود هذا التطور في المساحة على مدى العقدين الماضيين إلى تزايد عمليات الزراعة التي يقوم بها المزارعون بالتعاون مع وكالات التنمية والخدمات الإرشادية كجزء من البرامج الوطنية لمكافحة الجفاف (أربا، 2009أ). وفي الوقت الحالي، فإنّ الوسائل الحديثة المستخدمة في الزراعة المغربية (خطة المغرب الأخضر) تشجّع زراعة نبات الصبار كمحصول بديل في المناطق الأقل ملاءمة. ففي كل عام يزرع أكثر من أربعة آلاف هكتار في وسط البلد وجنوبه (آيت حمو، 2007). وفي السنوات العشر الماضية، أنشئت عدة شركات وتعاونيات للنساء الريفيات من أجل تحويل الصبار. أما المنتجات الرئيسية المصنعة فهي: المربّى والخلّ وزيت البذور وغيرها. ومع ذلك، يبرز الدور الرئيسي للصبار كمصدر لأعلاف الماشية خلال سنوات الجفاف (إم. أوشوا، تواصل شخصي).

وفي الآونة الأخيرة تعرّض الصبار المزروع في المغرب، وفي جميع أنحاء حوض البحر الأبيض المتوسط، لتهديد يتمثّل في ظهور الحشرة القرمزية Dactylopiusopuntiae. ويصعب التّأكّد من منشأ الإصابة، ولكن ربما جاءت من إسبانيا حيث تم الإبلاغ عنها في مورسيا في عام 2006 وفي الميريا في عام 2013. وتنتشر الحشرة القرمزية، اليوم، في سيدي بنور وصخور الرحامنة واليوسفية؛ وإذا لم يتم اتخاذ أيّ إجراء لمكافحة الحشرة القرمزية، فسوف تتكاثر وتدمّر المزارع المغربية وتنتقل إلى الجزائر وتونس. وقد تدخلت السلطات تدخلاً طارئاً واقتلعت وأحرقت جميع مزارع الصبار على مساحة أكثر من 400 هكتار في سيدي بنور في إقليم دكالة (عبد الواحد كيديس، 2016). وقد تم وضع استراتيجية للمراقبة بالتعاون مع المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا).

جنوب أفريقيا

ظهر نبات الصبار Opuntia ficus-indica في الكاب قبل أكثر من 300 سنة. وقد قام المستوطنون بنقله إلى جميع المناطق القاحلة وشبه القاحلة في شبه القارة الأفريقية، حيث تمت زراعته باعتباره ثماره اللذيذة ولاستعماله سياجا نباتيًا. وقد تحوّلت النباتات تدريجياً إلى الأصناف الشوكية على مدى حوالي 150سنة، مما أسهم بشكل كبير في خصائصها التوسعية، وأدى إلى انتشار غابات كثيفة منها في بعض المناطق خاصة في شرق الكاب (بينارت وأوتشيلا، 2011). وقد اجتاح نبات الصبار أكثر من مليوني هكتار في أوائل القرن العشرين في جنوب أفريقيا وحدها، مما أنذر بعواقب وخيمة على الزراعة، على الرغم من استخدامه ثمارا وأعلافا. وفي المناطق الباردة من البلاد، كان أقل عدوانية وزرعه المزارعون على نطاق واسع (والترز وآخرون، 2011).

ولحلّ مشكلة اجتياحات نبات الصبار التي لا يمكن السيطرة عليها، اعتمدت جنوب أفريقيا على المكافحة البيولوجية. وقد تمت السيطرة على حوالي 80 في المائة من المشكلة من خلال الاعتماد على حشرات من أصل أمريكي تتغذى على الصبار: عثة الصبار Cactoblastis cactorum، والحشرة القرمزية Dactylopiusopuntiae (زيمرمان وآخرون، 2009). ويزرع ما يقدر بنحو 500 1هكتار للثمار وثلاثة آلاف هكتار أخرى للأعلاف. وهناك ما يقدر بنحو 150 ألف هكتار من الأراضي التي اجتاحها نبات الصبار تستخدم الآن على نطاق واسع، وذلك من أجل ثمارها بالأساس، وهي تباع في الأسواق غير الرسمية.

وقد أنشئت بنوك جينات في مقاطعات ليموبو ومقاطعة فري ستيت وشرق وغرب كيب، تضم 42 صنفاً من نبات الصبار ficus-indica للأغراض البحثية. وقد ركزت البحوث في الأساس على استخدامه كعلف خلال فترات الجفاف (منازيس وآخرون، 2010). ومع ذلك، تحوّل التركيز مؤخراً إلى الإنتاج المكثّف للعلف الحيواني وللاستهلاك البشري.

تونس

في مطلع العشرينيات والثلاثينيات، بدأت تدريجياً زراعة نبات الصبار للأعلاف في تونس، وهي في الأساس تعتمد على الصبار الأملس ficus-indica و ficus-inermis.

فعلى سبيل المثال، قبل التوسع في الزراعة المرويّة في الخمسينيات والستينيات من القرن الماضي، استخدم مربو الأبقار الحلوب في تونس وغيرها من المدن في شمال أفريقيا ألواح الصبار لتغذية الحيوانات (خاصة في الصيف والخريف) بالإضافة إلى القش والعشب المجفّف والحبوب. وقد تم تطوير مزارع العلف بشكل منهجي بعد الخبرة التي قدمها غريفيث إلى حكومة تونس في عام 1932 (لوهويرو، 2002). وفي أوائل الثلاثينيات من القرن الماضي، وفي ظل برنامج إسناد أراضي المستعمرين في سيدي بوزيد (وسط تونس)، حيث يبلغ متوسط هطول الأمطار 250 ملم، لم تمنح الحكومة الأراضي إلى المزارعين إلا بعد موافقتهم على أمور عدة، من بينها زراعة عشرة في المائة من الأراضي بالصبار الأملس كمحصول علفي احتياطي لحالات الطوارئ. وكان هذا قراراً حكيما للغاية، بالنظر إلى حالات الجفاف المتكررة التي واجهها المزارعون (لوهويرو، 1965). وبدعم من المنظمات الدولية (برنامج الأغذية العالمي ومنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة) تمت زراعة مساحات واسعة (70 ألف هكتار) في الأراضي القاحلة في تونس صبارا خلال الستينيات والسبعينيات من القرن الماضي لتكون بمثابة علف احتياطي (لوهويرو، 2002). وفي الوقت ذاته، دعمت الحكومة التونسية تعزيز مزارع الصبار، وذلك على أساس المحفّزات الحكومية والقروض المصرفية الميسرة. وفضلا عن ذلك، أطلقت الدولة في عام 1990 استراتيجية وطنية لتحسين المراعي، حيث تمت زراعة 142 ألف هكتار من نبات الصبار في هذه الفترة (ديوان تربية الماشية وتوفير المرعى، 2016).

إنّ المساحة الحالية التي يغطيها الصبار تبلغ حوالي 600 ألف هكتار في أشكال مختلفة: السياجات الوقائية، والسياجات المحيطة بالمنازل الريفية، وتدعيم منظومات مكافحة الانجراف، والانتاج المكثف للثمار. وفي الآونة الأخيرة، أضيف إنتاج الثمار المكثف في المناخات الزراعية المؤاتية. وتقع معظم هذه المزارع في المناطق القاحلة التي يقل فيها هطول الأمطار عن 300 ملم ويخصّص الإنتاج للأعلاف والثمار. وفي العقد الماضي، في البساتين الكثيفة بالصبار مستوفية الشروط الزراعية الملائمة، تم اعتماد أسلوب سكوزولاتورا scozzolatura لإنتاج الثمار في فصل الشتاء للسوق

المحلي والتصدير على حد سواء حين يبلغ سعرها ضعف سعر التفاح والإجاص والموز. وتزرع تونس الأصناف المزروعة في صقلية (الأحمر'روسا' والأصفر'جيالا' والأبيض'بيانكا')؛ وقد سارت على خطى المزارعين الإيطاليين الذين ابتكروا أسلوب سكوزولاتورا scozzolatura في أوائل التسعينيات. وفي السنوات الأخيرة، توسعت الصناعة الزراعية. وقد تخصصت شركات عدة، مثل «نوبال تونس»، في إنتاج وتصدير الثمار العضوية ومستحضرات التجميل (زيت البذور والصابون والشامبو) والغذاء (المربّى واللبّ المجمّد والعصير) والدقيق المجفف المصنوع من الألواح .

غرب آسيا

بدأت زراعة الصبار في معظم دول غرب آسيا منذ فترة طويلة، وكان في الأساس لإنتاج الثمار والتغطية حول المنازل. وفي السنوات الأخيرة، كان هناك اهتمام متزايد بالمحصول، لكن كمحصول ثانوي يزرع في الأراضي الهامشية ولإنتاج الثمار فقط. ومع ذلك، وبالنظر إلى انخفاض متطلبات الإنتاج وارتفاع القدرة على التأقلم مع البيئات القاسية، أبدى المزارعون والحكومات اهتماماً متزايداً بزراعة الصبار باعتبار محصوله عالي الكفاءة في استخدام المياه لتعزيز الاستهلاك المحلي للثمار. ومع ذلك، وعلى الرغم من النقص الحاد في الأعلاف والآثار السلبية لتغير المناخ في هذه البلدان، لا يزال الصبار غير معترف به كمصدر جيد للأعلاف أو بقدرته الفائقة على تخفيف الفجوة الغذائية. ومن ناحية أخرى، تم تعزيز انتشاره مؤخراً في سوريا لإنتاج العلف، ولوحظ وجود مستوى عال من القدرة على التأقلم.

الأردن

في الأردن، بدأ استخدام نباتات التّين الشّوكي قبل 60 عاماً كسياجات حول المنازل والبساتين. وقد تم في وقت لاحق إدخال نبات الصبار الأملس وتمت زراعته بشكل مكثف في ظل نظام زراعة المحصول الوحيد في المناطق شبه القاحلة في وسط الأردن. وبصفة عامة، بالإضافة إلى الصبار المحلي الشوكي والأملس، يتم استيراد معظم الأصناف المتاحة إلى الأردن. وتبلغ المساحة الحالية المزروعة حوالي 300 هكتار، وتتألف من نظم إنتاج واسعة، وزراعات سياجية، ومزارع مختلطة (نصر، 2015). كما توجد نظم إنتاج واسعة النطاق في مادبا، حيث يعمد المزارعون إلى زراعة الصبار لإنتاج الثمار في صفوف باستخدام الري التكميلي. وكذلك يُزرع في نظم المزارع المختلطة التي تتداخل مع أشجار الثمار الأخرى مثل التين والزيتون. وبسبب تأثيره السلبي على بقية الثمار، فإن النظام المختلط يختفي تدريجيًا.

وفي المناطق الصخرية المرتفعة في الأردن لا تزال زراعة التّين الشّوكي قائمة، بينما لا يمكن للأنواع الملساء تحمل هذه البيئات (نصر، 2015). ويلزم بذل المزيد من الجهود لزيادة الوعي بدور الصبار كعلف للماشية خاصةً بالنظر إلى النقص الحاد في هذه المادة في الأردن.

لبنان

في لبنان، تم إدخال نبات الصبار منذ فترة طويلة في المناطق الساحلية والداخلية حتى ارتفاع 900 متر عن مستوى سطح البحر. والأكيد أنّ زراعته موجهة أساساً إلى إنتاج الثمار، ولكنه يُزرع أيضا كسياج طبيعي لإنتاج «العرق» (مشروب كحولي مقطر من العنب لا لون له، غير محلى، وغالباً ما يحتوي على اليانسون). وتنتشر مزارع الصبار في نظم المزارع المختلطة حيث تنمو إلى جانب الأشجار المثمرة الاخرى، وكذلك في البساتين الأسرية المستخدمة في الاستهلاك الذاتي. وتوجد نظم إنتاج واسعة النطاق للإنتاج التجاري لثمار الصبار في مساحة محدودة جداً في جنوب وشمال لبنان (شلق وآخرون، 2012). وينتمي ا الصبار المزروع في لبنان إلى النوع البلدي المعروف بالتين الشوكي إضافة لانواع مستوردة من أوروبا والبرازيل وما إلى ذلك. وتشمل هذه الأنواع المستوردة الصبار الشوكي والأملس على حد سواء (شلق وآخرون، 2012).

سوريا

في سوريا، كما في الأردن ولبنان، يُزرع الصبار منذ فترة طويلة على نطاق واسع في المناطق الريفية في دمشق في الغالب لإنتاج الثمار. وقد تم إدخال العديد من الأصناف إلى سوريا من بلدان شمال أفريقيا وذلك في مرحلة لاحقة وكنتيجة للمشاريع البحثية. ومع ذلك، تم الاحتفاظ بهذه المدخلات في المشاتل البحثية ولم تُعمّم على المزارع لسببين رئيسيين: أولاً، كان هناك نقص في الوعي بأهمية هذا المحصول؛ وثانياً، ركزت وزارة الزراعة على تحسين الشعير وتكاثره كمورد رئيسي لعلف الماشية. وفي السنتين الأخيرتين، مع الأزمة السورية ونقص الأعلاف، ازداد الاهتمام بزراعة الصبار في أجزاء مستقرة نسبياً في البلاد، مثل السويداء وحمص والمناطق الساحلية. وقد تمت زراعة الأصناف التي كان يرسلها المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة كنبات أم في مركزي أبحاث في المنطقة الساحلية ومنطقة ريف دمشق؛ ويجري الآن توزيع الألواح على المزارعين. وقد قام الصندوق الدولي للتنمية الزراعية مؤخراً بتمويل مشروع من أجل «تنمية الثروة الحيوانية» من خلال زراعة 100 مليون هكتار من أجل إنتاج العلف والثمار. وكانت النتائج واعدة للغاية خاصة في ظلّ الطلب الكبير على الشتول والمستوى العالي من القدرة على التأقلم.

دول مجلس التعاون الخليجي واليمن

في إطار البرنامج الإقليمي للمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة في شبه الجزيرة العربية، استورد المركز 38 نوعًا من الصبار من تونس في عام 2005 وأنشأ مشتلاً للنبات الأم في سلطنة عمان. ثم أرسلت الشتول إلى المحطات البحثية في دول مجلس التعاون الخليجي واليمن.

وقد أجريت دراسات عن أداء الإنتاج والقدرة على التأقلم مع الظروف الزراعية والبيئية في شبه الجزيرة العربية في سلطنة عمان ودولة قطر والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة واليمن. ومنذ عام 2012، بدأ توزيع الشتول في المنطقة. وفي عام 2016، اعتمد 47 من المزارعين الصبار الأملس: 15 في قطر، وعشرة في عمان، وتسعة في اليمن، وسبعة في السعودية، وستة في الإمارات.

إسرائيل

في إسرائيل، كان نبات الصبار ficus-indica موضوع العديد من المشاريع، بما في ذلك البحوث المعنية بتحفيز البراعم والنضج في الصيف والخريف والشتاء. وفي الوقت الحالي، تباع الثمار على مدار السنة تقريباً وبأسعار مرتفعة في غير موسمها (واي. مزراحي، تواصل شخصي). يُزرَع»عوفر» على مساحة 350 هكتاراً في منطقتي النقب ووادي عربة، بالقرب من الحدود المصرية في الجنوب وبالقرب من الأردن في الشرق. وفي هذه المناطق، تُحصد الثمار من أواخر يونيو/حزيران إلى أواخر أغسطس/آب. ويؤدي تبني التقنيات الزراعية الحديثة إلى إنتاج موسم ثان من البراعم مع نضوج الثمار بين شهري ديسمبر/كانون الأول وأبريل/نيسان. وهناك أيضا إنتاج محدود من الزهور المجففة التي يتم جمعها بعد التلقيح وتباع كعلاج طبيعي لنمو البروستاتا غير الخبيثة (جوناس وآخرون، 1998).

أستراليا

تتمتع أستراليا بتاريخ طويل فيما يتعلق بالاستخدام التجاري لنبات الصبار Opuntia الذي تم استخدامه للمرة الأولى في أوائل الأربعينيات من القرن العشرين من أجل إنتاج الصباغ القرمزي والتسييج. وقد تم استيراد الحشرة القرمزية، ولكنها لم تزدهر بسبب وفرة آفات الطيور والحشرات؛ مما نتج عنه فشل إكثارها. ومن ناحية أخرى، ازدهر الصبار Opuntia بفضل المناخ المناسب وعدم وجود آفات طبيعية يمكن أن تصيبه وغياب مواشي الرعي. وبحلول عام 1925، انتشرت الأصناف المستوردة حتى غطت مساحة 24 مليون هكتار. وقد تم استخدام مضادات الآفات البيولوجية التي استطاعت بنجاح القضاء على انتشارها.

إن زراعة الصبار الحديثة في أستراليا محدودة للغاية، حيث لا يزرع ما يزيد عن 200 هكتار حالياً في القارة بأكملها. ويوجد معظم الإنتاج بأصنافه المتنوعة في البساتين المنزلية للأستراليين من أصول متوسطية (إس. بروز، تواصل شخصي).

أوروبا

إيطاليا

تمثل إيطاليا، ولا سيما صقلية، مثالاً غير تقليدي لتقدير الصبار Opuntia ficus-indica. وقد تم استخدامه منذ القرن الثامن عشر وشملت استخداماته المتعددة تسييج الأراضي الزراعية والعلف في الحالات الطارئة. وكان يعرف باسم «خبز الفقراء» (باربيرا وآخرون، 1991).

على الساحل وعلى مقربة من المدن الرئيسية، تم تصدير إنتاج الثمار إلى القارة الأوروبية. وقد تعزز هذا النجاح الاقتصادي من خلال أسلوب سكوزولاتورا scozzolatura الذي طوره الإيطاليون حتى يتمكنوا من قطف الثمار في الخريف، مما ينتج ثماراً بجودة أفضل مما يكون عليه موسم أغسطس/ آب. وفي عام 1975، أنشئت المزارع الحديثة لإنتاج الثمار. إن إنتاج الصبار يزدهر في البيئات الفقيرة بيئياً وأين لا يمكنها زراعة محاصيل أخرى.

وفي إيطاليا، تتركز زراعة الصبار في جزيرة صقلية، وهي تمثل 90 في المائة من إجمالي الإنتاج (500 3 هكتار من المساحة المتخصصة، بإجمالي 15 ألف هكتار).وهناك أربع مناطق مهمة: سان كونو، وجبل إتنا، وروكابالومبا، وسانتا مارغريتا بليز؛ إذ يبلغ معدل هطول الأمطار 600 ملم في السنة. وتنمو أصناف الصبار الأصفر 'جيالا'، والأحمر 'روسا' والأبيض 'بيانكا'؛ حيث تمثل الثمار الصيفية عشرة في المائة من الإنتاج في حين يمثل الحصاد الشتوي (أغسطس/ آب- نوفمبر/ تشرين الثاني) 90 في المائة من المساحة المتبقية. وباستخدام الري، يمكن أن تصل الغلة إلى 25 طن/ هكتار (باسيلي، 1990).

البرتغال

في البرتغال، بدأ القطاع الخاص مؤخراً بإنشاء مزارع تجارية من نبات الصبار لإنتاج الثمار في المناطق شبه القاحلة في ألينتيجو والغارف. وقد تمت زراعة أكثر من 200 هكتار، وستتم زراعة 500 هكتار إضافية في السنوات المقبلة، وذلك بفضل برنامج مصمم لمساعدة الشباب العاطلين عن العمل على إيجاد فرص عمل في مجال الزراعة (غونشالفس، تواصل شخصي).

إسبانيا

في إسبانيا - الأندلس، ومورسيا، وألمريا، وجزر الباليار—يمكن إيجاد نبات الصبار في المزارع العائلية فقط. ولكن هناك لدى لانزاروت (جزر الكناري) إنتاج صغير من الصبغة الحمراء.

الآفاق

«الذهب الأخضر» و «فاكهة الفقراء» و «الكنز تحت الأشواك» و «الجمل العالمي الأخضر» و «نبات المستقبل» و «النبات المقدس» و «شجرة الوحش» ليست سوى بعض الألقاب التي أطلقت على النبات والثمرة (أرياس جيمينيز، 2013أ). هذه الألقاب تعبّر عن أهمية نبات الصبار في أعمال الناس وحياتهم، بسبب مقاومته للجفاف وارتفاع درجات الحرارة، وقدرته على التأقلم مع التربة الفقيرة. ومع ذلك، لا يزال هناك مجال واسع للتطوير والتحسين.

- **تأثيرات الاحتباس الحراري:** تؤدي التركيزات المتزايدة لغاز ثاني أكسيد الكربون وغازات أخرى في الغلاف الجوي إلى زيادة تنويع الأصناف وزيادة الانتاجية بما يتجاوز جميع المستويات السابقة (نوبل وغارسيا دي كورتازار، 1991). وعلاوة على ذلك، يمكن أن تكون الزيادة في مزارع الصبار جزءاً من استراتيجية للحد من تراكم غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي. ولا تؤدي هذه المزارع دور خزان للمياه فحسب، بل كخزان للكربون في المناطق القاحلة وشبه القاحلة أيضاً، حيث يكون المناخ أكثر تقلباً. وهناك حاجة إلى إجراء المزيد من البحوث حول هذا الأمر.
- **التنوع النباتي:** استنادا إلى الفهم الحالي للأنماط التطورية للصبار ، يجب إجراء مزيد من البحوث لمعالجة الأمور المتعلقة بالترسيم العام

وهوية الأصناف. ومن شأن دمج البيانات الجزيئية والمورفولوجية والبيوغرافية أن يولد صورة أوضح للعلاقات بين الأصناف وأن يخلق مصدراً أكثر استقراراً وموثوقية للمعلومات البيولوجية حول تنوع هذه الفصيلة النباتية الاستثنائية (تشيسا، 2010).

• **التسويق:** منذ القرن السادس عشر، تم استخدام الصبار - وخاصّة نوعية Opuntia ficus-indica - في زراعة الحدائق للاستهلاك العائلي في العديد من المجتمعات في أفريقيا، وآسيا، وأوروبا وأمريكا.

ومع ذلك، لا يزال استهلاك الثمار مقتصرا على الأسواق المحلية، وهناك القليل من الصادرات. ويستفيد الصبار من استراتيجيات التسويق الجيدة فقط في إيطاليا والمكسيك والولايات المتحدة الأمريكية وجنوب أفريقيا (إنغليز وآخرون، 2002أ). ولذلك، هناك حاجة إلى المزيد من حملات التسويق والترويج، فضلاً عن استراتيجيات توعية المستهلك على الصعيدين المحلي والدولي (كابلان، 1990).

• **جودة الثمار:** كيف يمكن تحفيز الناس على استهلاك الصبار؟ على الرغم من الجهود التي بذلت في السنوات العشرين الماضية، ما زالت المعرفة الحالية نادرة، ولا تتوفر سوى معلومات علمية محدودة للمزارعين (إنغليز وآخرون، 2002أ). من الضروري التخلص من الاعتقاد الشائع بأن الصبار يحتاج إلى مدخلات قليلة من أجل الأداء الجيد. وقد أدى هذا التصور الخاطئ إلى سوء إدارة مزارع الصبار وضعف جودة الثمار. وقد أظهرت التجربة الإيطالية أن الإدارة الرشيدة للبساتين تعطي عائدات أفضل وثمار ذات جودة أعلى مع انخفاض تكاليف الإدارة. ولتحسين الإنتاجية وجودة الثمار، يجب أن يكون هناك وعي أكبر بتأثير إدارة البيئة والبساتين على الخصوبة ونمو الثمار ونضجها (أوتشوا، 2003). ومن المهم أيضاً وضع معايير لجودة الثمار وتنفيذ إدارة مناسبة للبساتين وكذلك لتصميمها.

• **الأوبار الشوكية والبذور:** عقبات تسويقية يمكن التغلب عليها. يمكن إزالة الأوبار الشوكية التي تتواجد على الألواح بشكل فعال بعد الحصاد ويجب توعية المستهلكين بذلك. ومن ناحية أخرى، يشكل انخفاض محتوى البذور تحدياً كبيراً، إذ لم تطرأ أية تطورات هامة في العقود الأخيرة رغم وجود بعض المجموعات المنتقاة من الأنواع المستنبتة «بيانكا» و«عوفر» (البيهي وآخرون، 2015؛ فايس وآخرون ،1993)، ويلزم إجراء المزيد من البحوث.

• **ألواح الصبار كغذاء:** يقدم صبار النوبال nopalitos آفاقاً جيدة للمستقبل، ولكنه يُستخدم حالياً في المكسيك فقط، ويلزم بذل المزيد من الجهود لتعميمه ونشره. وقد أدرجت الشبكة الدولية للصبار (CactusNet) صبار النوبال nopalitos في النظم الغذائية الإقليمية وفن الطهو، كما أن مشروع أمهات من أجل الأمهات «Mums for Mums» في أثيوبيا يروّج لاستخدام النوبال nopalitos.

• **الاستخدامات المتعدّدة:** يتضح أنّ هناك إمكانيات هائلة للاستخدام غير الغذائي للصبار ، باستغلال خصائصه الحيوية والطبية والتغذوية، وفي مستحضرات التجميل. وقد حصل العديد من المنتجات على براءات اختراع في السنوات الأخيرة (http:// www.bionap.com/it).

• **الأعلاف:** يجب أن يستجيب استغلال الصبار Opuntia في الأعلاف للاحتياجات الاقتصادية لكل بلد، ويجب أن تتأقلم التقنيات مع متطلبات الماشية، وتعدّ البرازيل مثالاً واضحاً على التقدم المحرز في هذا الصدد.

ولقد مهّد إرث بارك إس. نوبل حول البيولوجيا البيئية للصبار الطريقَ أمام الفهم الحالي لإمكانات الأصناف ودورها المحتمل في الأراضي الهامشيّة شبه القاحلة، وقد اقترن هذا الإرث بالتعاون والدعم التقني من الشبكة الدولية لمجموعة العمل المتخصصة بنباتات الصبار التي تم إنشاؤها بالتعاون بين منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (في عام 1993). وقد شهدت السنوات الخمس والعشرون الماضية ما يلي: نشر الكتب التقنية والعلمية، والمنشورات، واتفاقية مكافحة التزييف التجاري وإجراءاتها، تنظيم المجتمع الدولي للحلقات الدراسية في علم البساتين، والمؤتمرات والندوات الإقليمية، وتنفيذ المشاريع، وذلك بفضل جهود الشبكة ومنسقيها وموظفي منظمة والمركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة. ومن الضروري مواصلة التحرك صوب تحقيق هذه الأهداف الواضحة لما يصب في صالح أفقر المناطق في العالم. إن الصبار هو «الجمل العالمي الأخضر» وأحد مواطن الإرث الثمين الممنوح للعالم من جانب السكان الأصليين في أمريكا منذ أكثر من خمسة قرون.

02

منشأ نبات الصبّار وتصنيفه

(1) Roberto Kiesling و (2) Detlev Metzing

(1) المعهد الأرجنتيني لبحوث الأراضي الجافة ، والمجلس الوطني للبحث العلمي والتقني مندوزا، الأرجنتين مندوزا، الأرجنتين

(2) فريق علم النباتات والمحافظة على الطبيعة، معهد علوم الأحياء والعلوم البيئية جامعة أولدنبورغ الألمانية

مقدمة

يعتبر نبات الصبار من الأنواع ذات الأهميّة الزراعيّة العالية بسبب ثماره اللّذيذة، فضلاً عن ألواحه التي تستخدم علفا للماشية أو للاستهلاك البشري (ألكمبر، 1984؛ كيسلينغ، 1999أ؛ كاساس وباربيرا،2002). ويرجع استخدام الصبار وزراعته إلى عصور تاريخية غابرة، قبل وقت طويل من وصول الإسبان إلى الأمريكيتين. وقدّم المؤرخون الهنود معلومات عن هذه النبتة وثمارها. وقد نُقل الصبار إلى إسبانيا واستُخدم في بادئ الأمر كنبات للزّينة (كاساس وباربيرا، 2002). ومن المحتمل أن يكون استيراد النباتات الصبّارية قد بدأ بعد رحلة كولومبوس الأولى أو الثانية إلى منطقة الكاريبي، وذلك رغم أن السّجلات الأولى المؤكّدة ترجّح استيراد الصبار من المكسيك في عام 1515 (سجل فرناندیز دي أوفيدو، الذي نسخه لوبيز بينيرو وآخرون، 1992). يلخّص ذلك تاريخا طويلا لاستخدام وزراعة وتوطين الصبار O. ficus-indicaوالأصناف المشابهة أدت الى صعوبات في التسمية و التصنيف و التي يلخصها هذا الفصل.

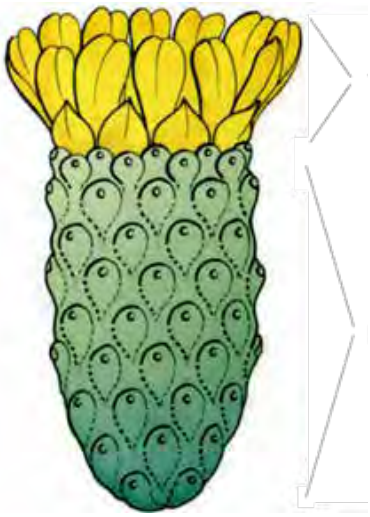
منشأ نبات صبار Optina ficus-indica وتصنيفه

أتت الفصيلة الصبّارية الملساء (غير الشّوكيّة)، والتي تنتشر زراعتها حالياً، نتيجة عملية تطوير وتهجين طويلة وهي لا تنمو في المناطق البرية. ووفقاً لبرافو هوليس وسانشيز ميجورادا(1991) ، فقد بدأ تاريخ توطين النباتات الصبّارية منذ ما يقارب 000 8سنة. ويقول ربيس أغيرو وآخرون (2005) إن التوطين قد حدث في المرتفعات المكسيكيّة الجنوبيّة.

وتثبت المراجع الأثرية أن نبات الصبار المعروف منذ 000 8 عام لايمكن أن يوصف بأنه من نوع الصبار .ficus-indica فقد عكف كولن (1965) على دراسة العادات الغذائية لهنود المكسيك في العصر ما قبل الكولومبي، وعثر على بقايا صبار بحفريات روث الآدميين الموجود بأرضية الكهوف، ما يعني أن استهلاك الصبّار يعود إلى آلاف السنين أي إلى عام 5 200 قبل الميلاد على الأقل. ووفقاً لكاسا وباربرا (2002)، فإنه قد عُثر على بقايا حفرية للصبار بعصر مرحلة الاستيطان الأولى لوادي المكسيك (000 8–000 14 قبل الميلاد). وتشير الدراسات إلى العديد من أصناف الصبار، لا سيما نوع O. megacantha و O.strepta- cantha إذ أنه غالبا مايصعب التمييز بين هذه الأنواع وغيرها من الأنواع الأخرى، وذلك نظراً للالتباس في وصفها ;وقلة النباتات المرجعية (ليونبرجر، 1988).

وقد اعتبر غريفس أن نوع O.megacantha هو النوع البري لصبار O.ficus-indica. وفي وقت لاحق،أكدت تلك الجزيئية(غريفس،2004) ورغم ذلك، فإن التحليل الأقرب إلى الواقع هو أن كلا النوعين تابعان لنوع واحد، وكلاهما نتيجة للتهجين الطبيعي ودمج السلالات المختلفة على فترات متقطعة. أما بينسون (1982) فقد اعتبر أن نوع megacantha هو من نفس نوع صبارO.ficus-indica ولكنه يزرع و»يحتوي على أشواك»، واعترض على وجود اختلاف بين النوعين من حيث النوع أو التنوع. وقد اتفق العديد من الباحثين مع بينسون في نظريّته (من بينهم غيبسون ونوبل 1986؛ وبراتستش وزميرمان 1993). أما كيسلنج (1999أ) فقد اعتبر أن نوع O.megacantha هو نوع شوكي لصبار O.ficus-indica (أنظر الشكل التوضيحي أدناه).

جدير بالذكر أن قلة من الباحثين خصصوا بحثا منفصلا لنبات الصبّار الأملس ومنهم الباحثة برافو هوليس (1978)، حيث لم تعتمد في بحثها سوى على السّمات المورفولوجية لتحديد الفروق بين الأنواع، ومع ذلك يمكن القول إنها ناقضت نفسها في أكثر من موضع (1978). حيث ذكرت في كتاب واحد ستة أنواع من النباتات)حسب مفهوم تهجين الأنواع) وذلك وفقًا لسمات الفواكه فقط. أما سكينفار(1995) فإنه يذهب إلى وجود ثلاثة أنواع مختلفة وهي ficus-indica, streptacantha و amyclaea، لكنه في الوقت ذاته يعتبر صبّار O.ficus-indica نموذجا مزروعا منأصلا من O.streptacanthaويضعه في مرتبة منفصلة لأسباب عمليّة)إل. سكينفار، تواصل شخصي).



الشكل 1
الخصائص النموذجية لزهرة صبّار Opuntia. ficus-indica هي طول غلاف الثمرة والذي يعادل عادة طول البتلات مرتين

هناك العديد من الأنواع في سلالة streptacanthae وficus-indica (بريتون و روز، 1919) ذات اختلافات مورفولوجية طفيفة مع O.megacantha، وقد وصف (ريتونوروز،1919) ، سلسلةficus-indica التي تتضمن الكثير أو القليل من الأنواع الشوكية من المجموعة التي يتم مناقشتها هنا، وقد أوضحا أنه : «ليس من بين الأنواع ما هو معروف بشكل محدد في المناطق البرية، ولكن بلا شك، نشأت من أسلاف استوائية، وأنها قد تمثل جميع السلالات الملساء من النباتات المذكورة هنا في سلالة Streptacanthae».

من ناحية أخرى، يرى آخرون أن هناك فروقات كافية لجعل سلالة streptacanthae مختلفة عن O.ficus-indicae وقد ذهب كولونغا غارسيا وآخرون ((1986 إلى القول إنه: «وهكذا، يمكن التمييز بين هاتين المجموعتين على أساس حجم الألواح وطول الهالة، والثمرة والبذور، وكذلك طول ووزن لب الثمرة (الجزء الصالح للأكل من الثمرة)». وهنا، نرى أنه قد يختلف حجم الألواح ووزن لب الثمرة، وكذلك شكل الهالة الناجمة عن عملية التطعيم التي تهدف إلى تحسين النوعية بحيث تُستخدم أعلافا للحيوانات أو للاستهلاك البشري.

إن وجود الشّوك وحجمه يُمثل أحد الخصائص المتغيرة بشدة في الصبّار. على الرغم من ظهور أنواع ملساء تم تحفيزها من خلال عملية التوطين، فإن العكس أي التحول من أنواع ملساء إلى شوكيّة صحيح. هذه التحويلات، التي تزهر فيها بعض الفروع الملساء أشواكاً نتيجة ضغط الجفاف أو أشكال أخرى من الضغوط، قد أشار إليها العديد من المؤلفين مثل (غريفيثس 1912،1914) (ولوهويرو 1996أ) ، (وكيسلينغ 1999أ). وعلاوة على ذلك، حين يُزرع الصبّار الأملس، فإن كميّة صغيرة من الشتلات تزهر كمية محدودة من النباتات الملساء، وكذلك الحال عند زرع بذور من نباتات شوكيّة (بيرجر، 1905 و إم. أوتشوا، تواصل شخصي؛ آي. تشيسا، تواصل شخصي؛ تجربة المؤلفين). كما لوحظ إزهار نباتات شوكيّة من أنواع مستنبتة ملساء في جنوب أفريقيا وصقلية (زيمرمان، 2011؛ وليوينبرجر وأرويوليوينبرغر،2014). ولايعد وجود الاشواك في نبات الصبّار أحد الخصائص المميزة، لأن تشكيل الشوك لا يعتمد على العوامل البيئية (لابرا وآخرون، 2003).

عدد الكروموزومات

يعتبر تحديد عدد الكروموزومات ومستوى الصيغة الصبغية أدوات تصنيف مفيدة في علم تصنيف الأنواع النباتية. فعدد الكروموزومات الأساسي في عائلة الصبّار هو n = 11، وعدد الخلايا الجسدية في الغالب يكون 2n=22 في العائلة الفرعية opuntioideae، وهناك نسبة 64.3 في المائة تندرج ضمن الأنواع متعددة الصيغة الصبغية (بينكافا وآخرون، 1985). كما أن هناك العديد من الدراسات الخاصة بالنمط النووي التي تظهر وجود صيغة صبغية رباعيّة أو سداسيّة أو ثمانية الأجزاء في العلاقة المفترضة لصبّارO.ficus-indica النموذج الشوكي O.megacantha n=44 (بينكافا وآخرون،1973) O.streptacantha n=44 (بينكافا وبارفيت، 1982)؛O.streptacantha 2n=88 (بالمينوا وهيراس، 2001)؛ O.amyclaea و O.megacantha 2n=88 (سوسا وأكوستا، 1966)؛ O.polyacantha 2n=44,66 (ستوكويل، 1935). كما بيّنت الدراسات وجود صيغ صبغية ثمانية (2n = 88) في أنواع أخرى في سلسلة Streptacanthae (بما في ذلك صبّار ficus-indicae) (يغورا وآخرون،2007؛ ميجور وآخرون، 2012a). والأكيد أنّ تعدد الصيغ الصبغية هو الأسلوب المفضل للتهجين. ولقد أثبتت دراسات عديدة (مثل بينسون والكنغتون، 1965؛ وغرانت وغرانت،1982 ؛جريفيث، 2003؛ مكليود،1975) أن التهجين الطبيعي بين أنواع الصبّار Opuntia والتهجين عند الزراعة هما أمران شائعان أيضا .كما أن حدوث مستويات أعلى من الصيغة الصبغية للأنواع المستنبتة بالمقارنة مع الأنواع البريةالمماثلة يصح في الصبّار ficus-indica المزروع (موندراغون جاكوبو وبوردلون،1996).

وبالنسبة إلى الصبّار O.ficus-indica منفرداً، يظهر العديد من تدقيق عدد الكروموزومات أن كلاً من الأشكال الشوكية والملساء تحتوي على ثمانية كروموزومات (بينكافا وآخرون، 1973،1992). وقد وجد أن النباتات المزروعة من الصبّار O.ficus-indica في إيطاليا كانت ثمانية الكرموزومات (باربيرا وإنغليز،1993). ومع ذلك، بيّنت الدراسات أن هذا النوع أيضاً سباعي وخماسي وسداسي وثنائي الصبغة، ولذلك هناك اختلاف في عدد الكروموزومات اعتماداً على المصدر (سبنسر، 1955؛ ويدين وباول، 1978؛ بينكافا، 2002؛ ماجور وآخرون، 2012أ) وذلك ما لم تكن الأعداد المختلفة ناتجة عن سوء تصنيف عيّنة الدراسة أو وجود تشوّهات في الانقسام الاختزالي. ويشير مكليود(1975) إلى وجود أنواع مهجّنة ذات 2n=77 بين الصبّار O.ficus-indica) ثماني الكروموزوم(2 n=88.وphaeacantha var. major Engelm (سداسي66 = 2n). كما يشير كاربيو (1952) إلى وجود n = 44 بالنسبة إلى O.ficus-indica، حيث يرى أن الانقسام الاختزالي المشوه ووجود كروموزوماترباعية التكافؤ يظهر أن الصبّارO.ficus-indica إما متغاير الصيغ الصبغية مصدره نوعان بعدد2n 44= أو ذاتي تعدد الصيغة الصبغية. ويؤكد جريفيث (2004) تغاير الصيغ الصبغية لصبّار ficus-indica .

الدّراسات الجزيئيّة

نظراً لأن الدراسات المورفولوجية أدت إلى فرضيات نوعية مختلفة، كان متوقعا المزيد من الايضاح باللجوء إلى الدراسات الجزيئية (خاصة دراسات الحمض الريبوزي النووي المنزوع الأوكسجين DNA)، خاصة ما يتعلق منها بتعدّد أنواع الصبّارOpuntina وبعلاقاته ومنشئه، ونذكر تحديدا صبّار O.ficus-indica. وعلى الرغم من أن العديد من الدراسات ركزت في الأساس على التنوع الوراثي للأنواع المستنبتة (مثل بينديفي وآخرون، 2013؛ وإل. فينتي وآخرون، 2013؛ و غانوبولوس وآخرون، 2015) إلا أن بعضها ركز على التمايز بين أنواع O.ficus-indica. وقد بحث وانغ وآخرون (1999) خمسة أنواع مستنبتة من الصبّار المثمر في المكسيك وشيلي، ونوعين اثنين من الصبّار للزينة من تكساس، ونوعا غير مثمر من المكسيك. وقد كشف تحليل الحمض النووي عن اختلافات كبيرة بين الأنواع المتداولة في السوق،

بينما كانت الفوارق طفيفة بين أنواع الثمار المستنبتة (بما في ذلك الصبّار الشوكي والأملس).

ويبدو أن التنوع الوراثي للصبّار المزروع منخفض بشكل عام، ربما لأنه ينشأ من بنك جينات صغير (بويل وأندرسون، 2002). وفي دراسة أجراها لابرا وآخرون(2003)، أظهرت البيانات الجزيئية تشابهاً وراثياً كبيراً بين O.ficus-indica و.O.megacantha وكان الاختلاف المورفولوجي الوحيد بين الوحدات هو وجود الشوك. وقد خلص المؤلفون إلى أنه ينبغي النظر إلى .ficus-indica باعتباره نموذجاً مدجناً من O. megacantha. كما وجد جريفيث (2004) عند دراسة منشأ O.ficus-indica باستخدام البيانات الجزيئية فرعاً حيوياً مدعوماًب شكل جيد، بما في ذلك ،O.ficus-indica Ohyptiacantha، O. leucotricha.،O.tomentosa.،O. streptacantha.، وجميعها منشأها في جنوب ووسط المكسيك (مراكز التنوع لصبّار Opuntina- بارثلوت وآخرون، 2005). كما يؤيد التحليل الفرضية القائلة بأن مركز التّدجين كان في وسط المكسيك، وقد يكونO.ficus-indica متعدّد الأشكال، أي ينحدر من سلالة مختلفة. وقد يرجع ذلك إلى عمليات التّهجين (بصورة طبيعية أو خلال الزراعة)، واشتقاق مستنسخات فريدة متعددة من مخزونات متنوعة السلالات،أو فرز السلالات من نسخ فواصل داخليّة مستنسخة متعددة في بعض السّلالات الأصلية التي ينحدر منها الصبّار O.ficus-indica وكذلك الأنواع ذات الصلة (غريفيث، 2004). كما بحث كاروسو وآخرون(2010) التنوع الوراثي للأنماط المزروعة، ويدعم تحليله الفرضية القائلة بأن O.ficus-indica يتكون من مجموعة من المستنسخات غير المترابطة المتعددة،المشتقة من أنواع مختلفة من النباتات الأمّ وقد تمّ اختيارها من بين العديد من الخصائص الزراعية.

كما استنتج ماجور وآخرون(2012 ب)، أن O.ficus-indica هو واحد من عدة أنواع نشأت من أحداث التوليف المتعدد الناجم عن تهجين الأنواع التي تنتمي إلى سيقان ورقية مختلفة. كما أن عينات الصبّارO.ficus-indica التي أجرى كاروسو وآخرون (2010) دراسة عليها لم تتجمع بعيداً عن الأنواع الأخرى (.O.amyclaea،وO.megacantha،وO.streptacantha،و O.fusicaulisوO. albicarpa)، مشيرا إلى أن الوضع التصنيفي الحالي والأنماط الجينية لا تتناسب بشكل جيد. وكذلك بحثت ليرا وآخرون (2013 أ) خصائص أربعة أنواع مستنبتة:

O.ficus-indica،وO.albicarpa،وO.streptacanthaوO.robusta،ولكن مع علامة الفاصل الداخلي المستنسخ لم يكن من الممكن تعيين عينات من هذه الأنواع لفصل الألواح. وقد تنشأ هذه الصعوبة من كون العينات هي من أصل هجين أو أن يكون لها أصل مشترك.

وقد دعم فالاديز موكتزوما وآخرون (2015) هذاالافتراض الأخير عندما أثبتت الأنواع O.ficus-indica ، وO.albicarpaوO.megacanthaأنه من المستحيل الفصل في ألواح متنوعة. وبالمثل، لم تستطع سماح وآخرون (2015) الكشف عن حدود واضحة بين O.albicarpa ،O.ficus-indica O.megacantha، O.streptacantha ،O.hyptiacantha, O.lasiacantha.، وكذلك لم يستطع أستيلو غارسيا وآخرون(2015)، في دراسة عن التركيب الجزيئي لخمسة أنواع من الصبّار Optunia، التحقق من التدرج المقترح لتدجين الصبّار O.ficus-indica، وذلك عند تقسيم أنواع مستنبتة مختلفة من هذا النوع داخل مجموعات مختلفة. ولقد فشلت الدراسة في تحديدالأصل، وربما يكون لصبّار O.hyptiacanthaارتباط بغالبية عينات النوع O.ficus-indica . وقد أجرى سريكانث و وانغ (2015) مقارنة بين ثلاثة أنواع من الصبّار Opuntia المزروع في كوريا، ووجدوا أن الصبّار الكوري O.ficus-indica يرتبط ارتباطا وثيقا بالصبّار . O.engelmanniiو O.ellisianaولكنه ليس مرتبطاً بعيناتO.ficus-indica المأخوذة من قاعدة بيانات بنك الجينات. وتكشف الدراسات الجزيئية عن خلل التصنيف الحالي للأنواع والمجموعات المعقدة لصبّار O.ficus-indica، ويُثار السؤال هنا عما إذا كانت هذه المشاكل ناجمة عن التهجين أو الاستجابات التأقلمية الجينية أو اللدونة المظهرية أو القواعد الجينية أو عوامل أخرى (فالاديز موكتيزوما وآخرون،2014).

التوزيع والتّوطين

إنّ أصول الصبّار O.ficus-indica نشأت في وسط المكسيك (جريفيث،2004) ، ولقد انتقل به الإنسان إلى المناطق الأخرى ذات المناخ الدافئ من العالم. وبعد إدخال الصبّار O.ficus-indica إلى إسبانيا في عام 1500 تقريباً، انتشرت الأنواع (وغيرها من نفس النوع) وتم توطينها في جميع أنحاء منطقة البحر الأبيض المتوسط، وسرعان ما أصبح منتشرا في المساحات الخضراء. وقد انتشر هذا النوع بالفعل في أوروبا في عام 1550(موترام،2013). ولذلك فإنه ليس من الغريب أن يوصف أحد الأنواع O.amyclaea في عام 1826 بأنه قادم من إيطاليا، حيث تم العثور عليه بالقرب من بلدة أميكلو («مونتيسلي» في الوقت الحالي). فذاك النوع يتوافق مع الشكل الشوكي لصبّار O.ficus-indica ، وقد أُعتبرالصبّار O.amyclaea شكلا من أشكالO.ficus-indica طبقاً لشيل (1907) ولهذاالسبب، في الرتبة التصنيفية للشكل، كان اسمه السّابق O.ficus-indica f. amyclaea.

كما افترض بيرغر (1950، 1912ب) أن الصبّار Opuntia المستوطن في إيطاليا يشبه الشكل الأصلي لصبّار O.ficus-indica. وأيضا وصف أحد أشكال ficus-indica من أصل أرجنتيني بأنه نوع جديد اسمه O.cordobensis،كذلك بالنسبة لشكل الصبّار البوليفي O.arcei (كسلينغ، 2013).

وفي مطلع القرن العشرين، درس عالم النبات الأمريكي والرائد الزراعي دافيد غريفيث الصبّار Opuntias، وزرعه في تكساس لإجراء تقييم تصنيفي وزراعي (بنسونو والكنغتون،1965؛ووالكنغتون،1968)، ووصف العديد من الأنواع من العينات المزروعة، وكذلك بعض هذه الانواع التي تم التعامل معها باعتبارها أنواعا مستنبتة، بأنها تعتبر مماثلة لصبّار -ficus indica الحالي أو أنواعا هجينة منه (مثل 1908 ،O.fusicaulis؛كيسلينغ وآخرون،2008).

وفي القرن الثامن عشر، تم إدخال ficus-indica إلى قارات أخرى من قبل البحارة لاحتوائه على فيتامين «ج» وانخفاض قابليته للتلف. وقد استخدموه كخضارللوقاية من داء الاسقربوط (ديغيت،1928). كما أنهم

قاموا بتصديره من أجل:

- تلبية الطلب على الصبغ القرمزي من الحشرة القرمزية، التي تتغذى على الصبّار Opuntias؛
- استخدامه كعلف؛
- دمجه في النظام الغذائي البشري؛
- استخدامه في الاسوار والسياجات.

ونظراً لأن الصبّار Opuntias يتأقلم مع الظروف القاسية والجافة، فهو يمتلك القدرة على التأقلم بسهولة، ويمكن توطينه في المناطق القاحلة في أفريقيا وآسيا وأستراليا. وقد سبق أن تم إدخال ficus-indicaإلى أمريكا الجنوبية من قبل الغزاة الإسبان في بوليفيا على سبيل المثال (هوفمان،1955). وقد انتشر بسرعة في العديد من المناطق، وفي بعض الأحيان كان يجتاح أنواعاً أخرى، وهو ما شكل تهديداً للتنوع البيولوجي للأنواع الأصلية ولاستخدام الأراضي الزراعية (بروتسش وزيمرمان، 1993؛ باربيرا وإنغليز،11:1993). واليوم، ينتشر الصبّارficus-indica في 26 بلدا خارج منشئه المحلي) نوفوا وآخرون، 2014).

وفي جميع البلدان المدارية القاحلة حيث يُزرع صبّارficus-indica أو يُستوطن، فهو يخضع لتعديلات جينية وتعديلات ظاهرية، مما أدى إلى ظهور أشكال جديدة تم تمييزها وتسميتها رسميا. وفي بعض الأحيان تعتبر أنواعا مختلفة حتى عند اعتبارها أصنافا مستنبتة لهذين النوعين O. ficus-indica f. amyclaea و O. ficus-indica f. ficus-indica (سي. إف. بيكيل وآخرون.،إصدارات، 2009). وفي حين أن هناك العديد من سجلاّت إدخال O.ficus-indica f. ficus-indica الأملس إلى بلدان مختلفة، إلاّ أنه في المقابل لا تكاد تكون هناك أية مراجع بشأن إدخال الشكل الشوكي.

الأسماء العاميّة

بالنظر إلى أهميةO.ficus-indica ومزاياه العديدة، فقد سُمي بتسميات عديدة في منشئه الأصلي وفي المناطق التي تم إدخالها لها (ريس أغيرو وآخرون، 2005)، وبعض هذه الأسماء تعدإشارة جيدةالى المنشأ والتوزيع.

إن اسم تونا Tuna مُشتق من أصل كاريبي (برافو هوليس وسانشيز ميجورادا،1991) وكان يستخدمه الاسبان الأوائل عند وصولهم إلى الأمريكيتين. وعلى وجه الدقة، هو مشتقّ من اسم تاين Tain (مورينغو، 1966) وعادة ما يشير إلى الثّمار، ولكن يستخدم أيضا في الأجزاء النّباتية لأنواع Opuntias. ويستخدم هذا الاسم حاليا في منطقة شاسعة، ما يشير إلى أنّه كان الاسم الأول المعروف من جانب الاسبان، حتى قبل الأسماء المكسيكية) منذ بلوغهم جزر الكاريبي قبل وصولهم إلى البر الرئيسي).

نوبال:Nopal اسم مكسيكي مستمدّ من NahuatlNopalli (برافو هوليس وسانشيز ميجورادا، 1991؛ مورينغو، 1966)، ويستخدم لأنواع متعدّدة.

تينوشتليTenochtli: هوالاسم الأصلي المستخدم في مناطق كثيرة بالمكسيك. وكان أول اسم إسباني هوhigo de las indias،إشارة إلى أصله؛ جزرالهندالجديدة؛ وقد نتج عنه الاسم العلمي الأول .Cactus ficus-indica Linne. كما استخدمت الكلمة ficus-indica كعبارة وصفية. وكانت قبل فترة طويلة يطلق عليها Linne، ليتم تسمية عدة أنواع أو أنواع أقل تشابهاً.

وفي لغات أخرى، هناك أسماء عاميّة مماثلة: مثل figo da india (البرتغالية)؛ Indian fig (الإنجليزية)؛ figuier d'inde (الفرنسيّة)؛ indianischefeige (الألمانية) ؛ ficod'india (الإيطالية) ؛ (رينولدزوأرياس،2001). وهناك اسم آخرشائع الانتشار؛ هو tuna decastilla أو nopal de castilla، ويبدو جلياً أنه مشتق من اسم المملكة الإسبانية السابقة Castilla، حيث تم تصدير Opuntia إلى بلدان أخرى. ويشيرلي هويرو (1996 أ) إلى أن الأندلس هي أول مركزلانتشار التوالد في تلك القارة، وهي المنطقة التي عاد إليها كريستوفر كولومبوس بعد رحلته.

بعد انتشار Opuntia في إسبانيا، تم إدخاله إلى شمال أفريقيا، حيث كان يطلق عليه اسم higo delos cristianos. وينتشر الصبّارفي المغرب حالياً، ويطلق عليه تابيا tapia (من الكلمة الإسبانية السياج)، في إشارة إلى أحد استخداماته (إيه. برينا ،تواصل شخصي). كما يستخدم اسم الصبّار sabra للإشارة إلى كل من الشعوب الأصلية وإلى نبات الصبّار. وقد انتشر في منطقة البحر الأبيض المتوسط إلى حدّ استخدامه على الطوابع البريدية في عدة بلدان.

وفي عام 1769، نقلت الإرساليات الفرنسيسكانية النبات المزروع من المكسيك إلى كاليفورنيا، حيث أطلق عليه بعثات الصبّار «mission cactus» (بينسون و والكنغتون، 1965؛ والكنغتون،1968) ومع ذلك، ليس من المؤكد ما إذا كان السكان الأصليون قد زرعوا هذا النوع بالفعل قبل وصول الفرنسيسكان أم لا. وقد استخدم وكينغتون (1968) الاسم O.ficus-indica على نطاق واسع.

ويحتلّ هذا النوع أهمّيّة اقتصادية بالغة في شمال شرق البرازيل، حيث إنه يستخدم للعلف على مدار السنة ويسمى palmaforrageira. ومن غير المعروف توقيت دخوله إلى تلك البلاد (دومينغز، 1963). ويعد النوع palma-de-gado اسماً آخرلصبّار O.ficus-indica في شمال شرق البرازيل. وهناك أسماء عامة أخرى تبدأ بكلمة «palma» وهي تُستخدم لتسمية الأنواع الموجودة في مناطق ولاية «باهيا» البرازيلية، حيث تُستخدم الألواح أيضا كأعلاف، كما أن للثمار والفواكه والجذور العديد من الاستخدامات في التغذية البشرية وفي الطب (أندريد، 2008).

وظيفة الحشرة القرمزيّة

تتغذى الحشرة القرمزية Dactylopius على العديد من أنواع الصبّار، بما في ذلك أنواع Opuntia. وتنفرد الحشرة القرمزية بخصائص نوعية متميّزة. فهناك النوع Dactylopius coccus ويعرف أيضا باسم القرمز grana،فهي تفضل بالنسبة إلىO.ficus-indica وللأنواع التي تعتبر مرادفاتها او مرتبطة بها ارتباطا وثيقا (على سبيل المثال .(O،O.streptacantha،O.megacantha cordobensis.كتب خوسيه دي أكوستا (1590، استشهاد بـ «دي لولو»،

1944) عن tunalesdomestics في المناطق العليا و السفلى في بيرو («بوليفيا» و «بيرو» في الوقت الحالي)، وتتماشى ملاحظاته مع ما هو معروف عن صبّار ficus-indica؛ لذا يمكن الاستنتاج بأن الصبّار موجود في تلك المناطق في تلك الفترة المبكرة. وفي بيرو، يرجع استخدام القرمز إلى فترة ما قبل الغزو الإسباني، وربما يعود إلى عصر المسيح (مارين، 1991؛ سينز وآخرون، 2002 أ).

ومع ذلك، فإنه ليس من الواضح ما إذا كان يمثل د.كوكوس D. coccus أو أنواعا أخرى من الحشرة القرمزيّة. وقد ذكر فيستر (1941) و فيستر وليكسو (1943) تحليلاً وصفياً لألوان الأنسجة قبل الحقبة الإسبانية (باراكاس، من بيرو) والأنسجة في شمال الأرجنتين، مبيّنين أن اللون الأحمر ربما لا ينتج عن D. coccus في المكسيك وأمريكا الوسطى، بل عن الأنواع الأخرى من Dactylopius.

وقد نتجت الأهمية الاقتصادية لإنتاج المحاصيل في القرنين التاسع عشر والعشرين عن إدخال كل من النبات المضيف والطفيلي إلى عدة بلدان خارج نطاق الانتشار المحلي. ووفقا لـ «بينيا» (1981)، تم إدخال D. coccus إلى بيرو في القرن التاسع عشر، قبل أن يبدأ البلد بتصديره في عام 1830.

وبالنسبة للأرجنتين، وصف لافون كيفيدو (1927) كيف تم حصاد القرمز من quiscaloro (الاسم العام للأنواع البرية Opuntia sulphurea و anacantha، من بين أنواع أخرى). ووفقاً لعلماء الحشرات الأرجنتينيين، كلابسودي هارو (2001)، هناك خمسة أنواع برية تفرز صبغة حمراء من النوع Dacytylopius الذي يتغذى على العديد من أنواع الصبّار ذي الأصل الأرجنتيني. وهناك نوع سادس هو D. coccus، وقد وجد في الصبّار ficusindica مزروعاً ومستوطنا. وخلال الثمانينيات، أدخل الرئيس الارجنتيني السابق كارلوس منعم D. coccus لتشجيع إنتاج القرمز في الأرجنتين. وفي حين أن هذه المحاولة في إنتاج القرمز لم تكن ناجحة، تم تسجيل D. coccus لأول مرة في عام 1999 في لاريوخا، الأرجنتين (دي هارو وكلابس، 1999). وفي وقت لاحق، كانت هناك تسجيلات أخرى في سالتا (فان دام وآخرون، 2015).

وبذلك، يحتمل أن يكون قد تم استخراج الصبغة الحمراء في الماضي من أنواع Dactylopius الأخرى. ويذكر الباحثون ذاتهم أنه في حين تتغذى الحشرة القرمزيّة الأصليّة على أنواع مختلفة من الصبّار Cactaceae، فهي تتغذى على ficus-indica أو O. cordobensis - وهو مؤشر قوي لصالح نوعها المميز. ووفقاً لفان دام وآخرين (2015)، يعتبر D. coccus شكلاً مدجناً، إذ يُفترض أن يكون النبات المضيف هو ficus-indica.

من السّجلاّت المعروفة، يمكن استنتاج أن D.coccus لم يكن موجوداً في أمريكا الجنوبية في الجزر الهنديّة قبل وصول الغزاة الإسبان.

الشكل 2 تشكل الوسائد والأشواك، وخصائص الثمرة التي غيّر شكلها الانسان خلال عملية الانتقاء طويلة الأمد.

نظرة عامّة على التّصنيفات والمسمّيات

إن الكيانات البيولوجية المختلفة التي تُدرج تحت أسماء علمية عديدة كأنواع تخضع إلى كيان بيولوجي واحد. وبالمعنى الدقيق، ليس ficus-indica نوعاً طبيعياً (كيسلينغ، 2013) بل هو مجموعة من الأصناف المستنبتة و المدجنة .

ويمكن تمييز ficus-indica عن الأنواع الأخرى من خلال خصائص عدة. فوعاء الزهرة، وبعد ذلك الثمار، تحتوي على العديد من الهالات (≤ 38)، مع وجود عدد صغير جدا من الأنواع المستنبتة التي تحتوي على عدد أقل من الهالات (بينكاف وآخرون، 1992؛كيسلينغ، 1999أ)، وتوجد الهالات في الغالب على درنات مرئيّة جدا. وهناك أنواع أخرى من أنواع Opuntia ذات عدد أقل

من الأزهاروالثمار، وتقع على درنات أقل بروزا.

يتصدر اسم Opuntia ficus-indica أسماء أخرى تقترن بهذاالنوع (كيسلينغ،1999 ب). ولم يتم إطلاق أسماء نمطية مستندة إلى عينات الأعشاب التي تحدّد استخدام تلك الأسماء، وذلك بالنسبة إلى الصبّار O.ficus-indica حتى عام 1991، وأما بالنسبة إلى الصبّار streptacanthi وO.megacantha حتى عام2010 (ليوينبرجر، 1991؛ شينفار وآخرون، 2010)، وذلك على الرغم من أن جميع هذه الأسماء الثلاثة نُشرت في القرن الثامن عشر أو التاسع عشرواستخدمت على نطاق واسع بعد ذلك.

إن العينة التي تم اختيارها على أنها نوع من الأنواع النمطيّة(lectotype) منnوع O.ficus-indica (ليوينبرجر، 1991) تتوافق مع نبات أملس أو ذات أشواك صغيرة جداً. ومع ذلك، فإن وجود / غياب الشوك ليس سمة مميزة لصبّار ficus-indica عن الأنواع الأخرى، وان الأشكال الشوكية والملساء مصدرها واحد، ومع ذلك، تُستخدم هذه السمة للفصل بين النباتات الشوكية والملساء لصبّار ficus-indica رسمياً في تصنيف الأشكال (أدنى فئات التصنيف)،حتى لو كان الشكلان ينشآن من بعضها البعض.

Opuntia ficus-indica (L.) Mill، قاموس البساتين والحدائق، الطبعة 8، رقم 8: 1768

الاسم العلمي السابق: cactus ficus-indica، كتاب: Species plantarum، 1753، 486.

تعد النباتات من فصيلة الشجيرات أو شبيهة الأشجار، ويصل ارتفاعها إلى ستة أمتار، وعادة ما تكون بجذوع مكتملة النمو. وتكون شرائح الجذع متباينة أو بيضاوية مقلوبة أو مستطيلة إلى ملعقية أو مسطحة، بطول 20 - 50 سم، وعرض 20 - 30 سم، وسماكة سنيمتران تقريباً، لونها أخضر فاتح، مغطاة بطبقة شمعية رقيقة جدا، وهالات تتباعد بين إثنان وخمسة سم. الأوبار تتساقط بسهولة والأشواك نادرة أو غير موجودة (إما إثنان أو أقل من سبعة في الهالة)، طولها بين 0.5 و 1.0 سم، ضعيفة ومائلة إلى اللون الأبيض. أما الزهور فلونها أصفر، أو برتقالي في حالات نادرة طولها بين ستة وثمانية سم، وقطرها بين بين خمسة وعشرة سم خلال موسم تفتح البراعم. وهناك الثمار ذات الهالات الكثيرة (حوالي30 - 40)، بأوبار شوكية، ونادراً ما تحتوي على أشواك ودرنات، بيضاوية الشكل إلى مستطيلة الشكل، بطول بين ستة وثمانية سم، و قطر بين ثلاث وخمسة سم ، صفراء، وبرتقالية، ووردية خضراء أومائلة إلى الأحمر.

Opuntia ficus-indica f. ficus-indica

المرادفات

- Opuntia ficus-indica var. gymnocarpa (F.A.C. Weber) Speg.

كتاب Anales Mus. Nac. Buenos Aires ser. 3, 4: 512. 1905.

- Opuntia ficus-indica var. decumana (Haw.) Speg.

كتاب Anales Mus. Nac. Buenos Aires ser. 3, 4: 512. 1905.

- Opuntia ficus-barbarica A.Berger

إصدار موناتشر كاكتينك 22: 181، 1912

- Opuntia tuna-blanca Speg.

سجلات الجمعية العلمية الأرجنتينية: 99: 107، 1925.

أنسجة ملساء أو بأشواك صغيرة أو ضعيفة.

Opuntia ficus-indica f. amyclaea (Ten.) Schelle, Handb. Kakteenkultur: 51. 1907

الاسم العلمي السابق: Opuntia amyclaea Ten.

إصدار: Fl. Neap. Prod. App.: 15, 1826

المرادفات:

- Opuntia ficus-indica var. amyclaea (Ten.) A.Berger

كتاب Hortus Mortolensis: 411، 1912

- Opuntia megacantha Salm-Dyck

كتاب Hort. Dyck: 363، 1834

- Opuntia streptacantha Lem.

إصدار:Cact. Gen. Sp. Nov. 62 1839.

- Opuntia cordobensis Speg.

إصدار Anales Mus. Nac. Buenos Aires ser. 3, 4: 513. 1905.

- Opuntia arcei Cárdenas

إصدار Cact. Succ. J. (Los Angeles) 28: 113, f. 77—78 1956

أنسجة بأشواك بارزة.

الاستنتاجات

استنادا إلى الحقائق والمعلومات البيولوجية، يمكننا استنتاج ما يلي:

• يعتبر الصبّار ficus-indica نتاجاً لعملية تطوير طويلة الأمد خلال زراعته. ونتيجة لهذه العمليّة، تم تطوير صبغات متعددة (تصل حتى ثمانية أجزاء) وأشكال وأنواع مستنبتة أكثر قوة، وتكون أكثر ملاءمة للاستخدام البشري من السّلالات البريّة. وقد أدّى تطوير نباتات قليلة الأشواك إلى ظهور أنواع ملساء. كما أثر حجم ونوعية الثمرة على عملية التطوير، التي بدأت قبل

وصول الاسبان إلى المكسيك. كما أن عملية التهجين بين الأنواع ذاتها وبين الأنواع المختلفة تشير إلى كونها من أصول متعدّدة.

• دخل الصبّار المزروع والأملس إلى إسبانيا، في الغالب بعد سنوات قليلة من اكتشاف أمريكا في عام 1500، واستخدم في البداية كنبات للزّينة، وكان النّبلاء يستخدمونه في حدائقهم. وقد تمّ نقله إلى بلدان أخرى في البحر المتوسط وكذلك إلى أمريكا الجنوبية، وجنوب أفريقيا، والهند وأستراليا. وقد ساهم البحارة في نشره عن طريق استخدامه كخضروات طازجة للحماية من داء الاسقربوط. وكانت الأسباب الرّئيسيّة التّي أدّت إلى زيادة نشر الإنسان لصبّار ficus-indica هو إنتاج الأعلاف في المناطق القاحلة، واستخدام الثمار أو ألواح الصبّار للاستهلاك البشري، وإكثار الحشرة القرمزيّة.

• ظهر هذا النوع في العديد من البلدان ذات المناخ الدافئ والجاف المناسب، وتمت زراعته هناك، ثم انتشر بواسطة التكاثر الطبيعي والصناعي حتى أصبح نباتاً مستوطناً. وقدأجريت هذه العملية بشكل متكرر وأكثر من مرة في أماكن عدة وفي بلدان مختلفة وفي جميع القارات في مناطق الانتشار المحلي وفي مناطق جديدة أيضا .وأدى ذلك إلى وجود مراكز جديدة متميزة، مع ظهورأنواع مستنبتة جديدة ومن ثم إكثار الصبّاروتهجينه. وقد تطورت أشكال جديدة بخصائص تختلف قليلاً عن الخصائص المورفولوجية والفسيولوجية للنباتات المهجنة المزروعة، وكذلك تكرر ظهور نباتات شوكية مماثلة لنباتات ملساء.

• يعتبرالصبّارO.ficus-indica نوعاً مستقلاً من أنواع الصبّار، أو مجموعة من النباتات المهجنة غيرالمترابطة المنحدّرة من سلالات مختلفة. ويعتبر وسط المكسيك منطقة الانتشار الأصلية لهذه الأنواع.

03

مورفولوجيا و تركيبة الصبّار
Platyopuntiae

Loreto Prat و Nicolás Franck

جامعة شيلي، سانتياغو دي شيلي، شيلي

* هذا الفصل يستند في إعداده إلى الفصل الذي أعدّه Fusa Sudzuki (متوفّى) في الكتاب الصادر عن منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة بعنوان «البيئة الزراعية وزراعة واستخدامات الصبّار» (1995)

03

مورفولوجيا وتركيبة الصبّار *Platyopuntiae*

مقدّمة

تطوّرت أنواع الصبّار Opuntia، وخاصّة تلك التي تندرج تحت النوع الفرعي Platyopuntiae، من حيث النّواحي التركيبيّة والمورفولوجيّة والفيزيولوجية لتتأقلم مع متطلبات النمو والبقاء في البيئات القاحلة، حيث يعيق الإجهاد المائي الشّديد بقاء الأنواع النباتيّة الأخرى (بيكارو وآخرون، 2015). وهذا الفصل يتناول عدداً من أبرز التعديلات التركيبيّة والمورفولوجية الموجودة في الجذور والبراعم ومنظومات التكاثر للصبّار Opuntia ficus-indica وهو أهم الأنواع Opuntia من حيث القيمة الاقتصاديّة.

نظام الجذور

لا تحظى جذور فصيلة Cactaceae باهتمام كبير من قبل الباحثين. فهي تختلف عن جذور النباتات الأخرى، إذ تتّخذ تكويناً شكلياً صحراوياً مقاوماً للجفاف، مما يمكّن النّبات من البقاء لفترات طويلة في المناطق الجافّة.

وقد تسهم الجذور في تحمّل الجفاف بطرق مختلفة:

• تقليص مساحة الجذروخفض إمكانية نفاذ الماء، حيث تُغطّى الجذور الدقيقة بطبقة غير منفذة للماء نسبياً، أو تقوم الجذور بالعزل عند طبقة التندّب من أجل تجنب فقدان الماء في التربة الجافة .

• الامتصاص السّريع لكميّة صغيرة من مياه الأمطار الخفيفة، إذ تنمو «جذور الأمطار» في غضون ساعات قليلة بعد تساقط المطروتختفي عند جفاف التربة، أو في حالة انخفاض مساحة الجذر الذي يتدفق منه الماء.

• انخفاض ترشّح المجموع الخضري نتيجة للجهد السالب المرتفع للجذور.

فالخصائص المذكورة أعلاه تعني أن هذه الصّفات المقاومة للجفاف يمكن أن تشكل مقاومة عالية للمياه (باسيورا، 1988)؛ وهذا بدوره يقلّل من تدفّق المياه إلى المجموع الخضري.

يحتوي الصبّار Opuntia ficus-indicaعلى نظام جذر ضحل وسمين وهو ينتشر أفقياً. وقد يتأثر توزيع الجذور بنوع التّربة والإدارة الزراعية (سنيمان، 2005). وفي ظروف التربة المؤاتية ينمو الجذر الوتدي ويخترق التربة بعمق 30 سم تقريباً. وفي الظروف المناخية الجافة، مثل تلك الموجودة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، تنمو الجذور الجانبية السمينة من الجذر الوتدي لتمتصّ الرطوبة من نقاط أكثر عمقاً في التربة. ومع ذلك، توجد في جميع أنواع التربة كتل من الجذور الممتصّة في أقصى الجزء العلوي منها، بعمق يصل إلى 30 سم، وتبرز إلى الخارج بطولها بين أربع وثمان أمتار. وقد لوحظ أيضا أن النباتات التي تُخصب بشكل دوري بالسماد تنمّي جذورًا عصارية وغير متفرعة، في حين أنها عادة ما تنمّي جذوراً جانبية أكثر وسرعان ما تنمّي طبقة سطحية من الفلين المقشِر اللين (نورث ونوبل، 1992).

ووفقاً لسنيمان (2004، 2005)، فإن نظام الجذور في الصبّار O.ficus-indica يكون معقداً للغاية ويمكن أن تظهر **أربعة أنواع من الجذور**:

• **الجذور الهيكلية**: تتكون من هيكل أساسي من الجذور الليفيّة النادرة، بطول 30-20 سم، وسرعان ما تزداد سماكتها من خلال النمو الثانوي لتشكّل غلافا محيطا. وعندما يظل هيكل الجذر جافاً لبعض الوقت ثم يرتوي مجدداً، تتكوّن الجذور الممتصّة من البراعم الكامنة في خلال ساعات قليلة للاستجابة بسرعة لظهور الرطوبة (نورث وآخرون، 1993؛ دوبروفسكي وآخرون، 1998). ودائماً ما تكون بداية ظهور الجذور الجانبية داخلية المنشأ من خلايا البرنشيما التي تنتمي إلى اللّحاء الثانوي. وقد أظهرت الأبحاث التي أجريت على انتظام تكوين الجذر العرضي في الصبّار O.ficus-indica أن الجذور الجانبية اللينة في الجذر الوتدي تموت مع مرور الوقت. هذه العملية تحفز انقسام الخلايا في الأنسجة الجذرية للبرنشيما فيتمّ تشكيل بقع مرستيمية مع الجذور الجانبيّة (جيبسون ونوبل، 1986). وتتكون هذه الكتل من الجذور اللينة والهشة من الجذيرات القصيرة والمتفرعة، وتكون مغطاة بالكامل بشعر الجذور. كما تنمو أنواع مختلفة من الميكورهزا الخارجية إلى جانب الجذيرات القصيرة والمتفرعة، ويكون في معظمها من الأنواع الحويصلية الشجيرية.

• **الجذور الممتصة**: تتشكل في غضون ساعات قليلة إذ تستجيب البراعم الجانبية بسرعة إلى ظهور الرّطوبة. وقد أطلق جيبسون ونوبل (1986) على هذه الجذور الممتصة اسم «جذور الأمطار». كما أنها تنمو من البراعم الكامنة الخفية في قشرة الجذور القديمة. وتموت جذور الأمطار هذه حالما تجف التربة.

• **نتوءات الجذور**: تنمو من أكثر الكتل الغنية بالجذور على هيئة مجموعات (بوكي، 1980) حيث إن قاعدة النتوء في الصبّار O.ficus-indica تظهر تاجًا من قنَّابَات تشبه الزائدة، وخلافاً لوصف بوكي، فإنّ الجذور التي تنمو من النتوء في الصبّار O.ficus-indica تنقسم إلى فئتين: قصيرة، وكبيرة سمينة، وتكون غنيّة بالشّعر الجذري؛ وهناك جذران أو ثلاثة منها رفيعة وطويلة مثل الجذور الممتصّة. وليس معلوماً ما إذا كانت الجذور القصيرة تموت أو تنضج مع مرور الوقت.

• **الجذور التي تنمو من الهالات**: تنمو هذه الجذور عندما تكون الهالات متصلة بالتربة. في بداية نمو هذه الجذور، تكون كبيرة من دون شعر جذري وقلنسوة بارزة. وتشكل خلايا البشرة زوائد تشبه القنَّابَات. وتنمو الجذور اليانعة بسرعة فائقة، وتصبح نحيلة بقشرة سماكتها بعدد ما بين الثلاث والأربع خلايا، ويغطيها الشعر الجذري. وفي بعض هذه الخلايا، يحفز نقص الماء على تشكيل عدد أكبر من خلايا القشرة الداخلية مع شرائط كاسبريان أقرب إلى طرف الجذر (دي ميكو وأرون، 2012).

الألواح

يندرج الصبّار O.ficus-indica ضمن نباتات أيض الحمض العصاري (CAM) وعادة ما يكون مقاوماً للجفاف، لأنه يخزن كميات كبيرة من الماء في مجموعه الخضري (نوبل، 1994، 1995). وقد تطوّر تشكّل المجموع الخضري وتركيبته ليحقق هذه الوظيفة.

وفقاً لبكسبوم (1955)، تتميز فصيلة Cactaceae إلى حد كبير ببراعم قصيرة («هالات» تحمل الشعر والأشواك)، وجذع عصاري بقشرة خضراء، وعدم وجود أوراق نباتية. ووفقاً لهانت وتايلور (1986)، تزهر هالات Opuntioi-deae، بالإضافة إلى الأشواك أو بدلاً منها، وتزهر أشواك قصيرة تشبه الشعر تسمى «الأوبار الشوكية». في الصبّار O.ficus-indica، تكون الأطراف التي تشبه الجذع - تُعرف باسم «الألواح» - عصاريةً، وتتخذ شكلاً مستطيلاً إلى ملعقي- مستطيل، وعادة ما يكون طولها 30 - 40 سم، وأحيانا أطول من ذلك (70 - 80 سم)، وعرضها 18 - 25 سم. ومن الناحية التركيبية، تكون اللّوحة في المقطع العرضي وعائياً، وتتشكّل من خلال الجلد، والقشرة، والأنسجة الوعائيّة، وذلك في حلقة مصنوعة من حزم جانبية مفصولة بأنسجة البرنشيما؛ والداخل الاسفنجي، المكون من النسيج الامتصاصي الرئيسي.

الجلد

يتكون الجلد من طبقة واحدة من خلايا البشرة وما بين ست وسبع طبقات من الخلايا تحت الجلدية، بجدران أولية سميكة تشبه الأنسجة الغروية اللوحية. وتتسم خلايا البشرة بأنها مسطحة ورفيعة وتشبه حجارة الأرصفة. وتوفر طبقات خلايا البشرة وطبقات الخلايا تحت الجلدية حاجزًا فعالًا لمنع التلف المادي والحفاظ على السلامة الميكانيكية. وتعتبر الخلايا السّميكة لطبقة تحت الجلد قوية جدا. وهي تعمل كخط الدفاع الأول ضد الفطريات والبكتيريا والحشرات الصغيرة آكلة الجذوع. ويظل الجلد سليماً لفترة طويلة ويحل مكانه الغلاف المحيط.

ويتكون **الغلاف المحيط** من خلايا البشرة، إما كجزء من عملية الشيخوخة الطبيعية أو من الانسجة الأعمق للقشرة عندما تتسبب الإصابة في كسر الجلد. وإذا تشكل الغلاف من جدران الخلايا السّميكة من تحت الجلد فإنها تنكسر.

تشكل **البشرة** الطبقة الخارجية للخلايا في الصبّار. بل إنها تمثل طبقة جلدية واقية بشكل مستمر، كما تحمل الثغور (**الشكل 1**).
وتقوم البشرة بثلاث وظائف رئيسية هي:

- تنظيم حركة امتصاص ثاني أكسيد الكربون إلى النبات، وإخراج الأوكسجين منه.
- الاحتفاظ بالماء داخل الجسم النباتي؛
- حماية النبات من الفطريات والحشرات وأشعة الشمس المكثفة (موزيث، 1984).

يتشرب الجدار الخارجي للبشرة ويُغطى بشمع من مادة دهنية تسمى «كوتين». وتتميز بشرة الصبّار بسماكتها النسبية، بالمقارنة مع بشرة معظم النباتات، وقد تصل سماكتها في الصبّار O.ficus-indica إلى 8 - 20 ميكرون. ومن الناحية الكيميائية، ليس كوتين منتجاً نقياً مثل السليلوز، بل هو خليط من الأحماض الدهنية، التي يرتبط بعضها ببعض بشكل عفوي في وجود الأوكسجين. وليس كوتين مقاوماً للماء فقط، بل هو أيضا أحد أكثر المواد الكيميائية الطبيعية المعروفة (موزيث، 1984).

وقد أظهر فحص سطح ألواح الصبّار O.ficus-indica، بواسطة استخدام المسح الضوئي والمجهر الإلكتروني، وجود غلاف كتلي رفيع من هيكل شمعي أساسي للألواح نصف العمودية. وهو غلاف يعطي الألواح مظهرها الشمعي. ووفقاً لميتكالف وشاك (1979)، فإن طبقة الشمع الخارجية الموجودة في الصبّار O.ficus-indica تتوافق مع النوع الثالث للمجموعة الأساسية المصنف على شكل حراشف وألواح.

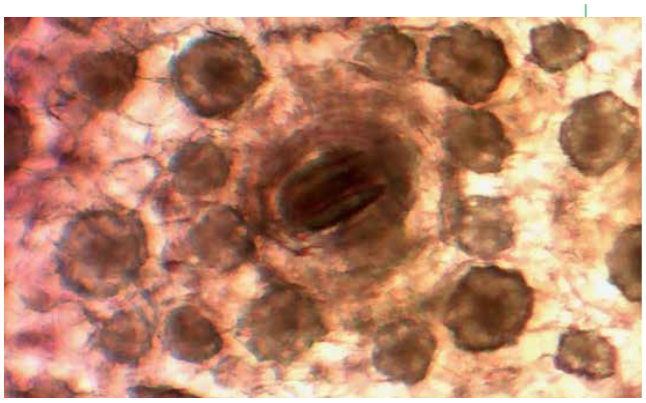
إن السطح الشمعي الخشن الذي يحيط بخلية البشرة يقوم بعدد من الوظائف. وبقدر ما يتعلق الأمر بتوازن الماء، فإن بشرة النبات تمنع تبخر المياه من النباتات وتصد المياه الخارجية. كما إن بشرة النبات تعكس أشعة الشّمس، ما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الجذع (جيبسون ونوبل، 1986).

وفقاً لماوزيث (2006أ)، تستمر البشرة في معظم فصيلة Cactaceae لعقود من الزمن، باعتبارها نسيجا حيا شفّافا قادرا على تسهيل تبادل الغازات، وذلك على النقيض من البشرة الجذعية سريعة الزوال الموجودة في معظم النباتات المزروعة، والتي تستمر فقط طيلة حياة النبات أو تموت عندما يتشكل الغلاف الخارجي على النباتات المعمرة. أما البشرة في الصبّار فهي تتواجد وتظل حية ما دام اللون الأخضر مرئياً في القشرة الكامنة.

وكذلك يشير ماوسث(2006أ) إلى حقيقة أن البشرة في فصيلة Cactaceae تنشئ سطحاً مطوياً، بدلا من السطح الأملس، ما يؤثر على قوة المجموع الخضري (البرعم) ومرونته وقدرته على الانتفاخ من دون تمزق. ويعني السطح المتغضن أنه كلما تم امتصاص الماء وازداد المجموع الخضري، تنتشر القواعد الضلعية ويزداد حجم الضلع دون حاجة إلى زيادة في مساحة السطح. وكلما توسعت القواعد الضلعية، تتوسع معها القشرة الداخلية أيضا. ونتيجة لذلك، هناك تغيير في حجم المجموع الخضري - ولكن ليس مساحة السطح - وليس هناك أي ضرر للبشرة أو الخلايا تحت الجلديّة (ماوسيث، 2000).

وتوجد الثغور بكثرة في جلد الألواح في معظم أنواع سلالة Cactaceae الأخرى، وتوزع بالتّساوي على كلا جانبي سطح الجذع بأكمله (ساجيفا آند موسيث، 1991). وفي الصبّار O.ficus-indica، يتم توزيعها عشوائياً، وليس بأعداد كبيرة وعادة ما تكون أحجامها 15 - 35 ملم مربع (ماوسيث، 1984)، ولا تختلف الخلايا الحارسة عن النباتات المزهرة الأخرى؛ فحجمها 40 ميكرون وتكون غائرة، لذلك تكون المسام مخفية من سطح اللّوحة. وهناك قناة بارزة تحت الثغر تشكل، من خلال النسيج الإسكلرنشيمي تحت الجلد، ممراً لتبادل الغازين الغلاف الجوي والأنسجة متناهية الصغر تحت الجلد؛

وهي الغرفة الداخلية في طبقة الكلورنشيما (**الشكل 2**). ويحيط بكل زوج من الخلايا الحارسة من ثلاث إلى أربع صفوف من الخلايا الفرعية. ويضيء السطح الشمعي هذه الخلايا، وبالتالي يمكن رؤية



الشكل 1
الثغور في بشرة الألواح مكتملة النمو. وتظهر أيضاً البلورات الوردية في البشرة تحت الجلد وتحيط بالثغرات.

الثغر من خلال التكبير المنخفض. وفي داخل خلايا البشرة والأدمة تتجمع بلورات واضحة جدا من أوكسالات الكالسيوم، ويسمى البلورات الوردية (**الشكل 1**).

وفقاً لماوست (2006أ)، فإن جدران الخلايا في البشرة في الصبّار O.ficus-indica تميل إلى أن تكون رقيقة، وليست سميكة، وغير متخشبة. وعادة ما تكون البشرة أرق مما هو متوقع بالنسبة لنبات صحراوي وتوجد زوائد سطحية طويلة متعددة الشعيرات من صف واحد بكثرة عند كل عقدة، ولكن البشرة السُلامية ليس بها عقد نامية زائدة. كما يوجد الغلاف المكون من طبقات عديدة من الخلايا - بجدران شديدة السماكة والصلابة - (جيبسون و هوراك، 1978؛ موزيث وروس، 1988؛ موزيث، 1996، 1999ب؛ موزيث وكيسلينغ، 1997؛ تيرازاس سالغادو وماوست، 2002؛ لوزا كورنيخو وتيرازاس، 2003؛ تيرازاس سالغادو وأرياس، 2003).

الهالات

تتسم الهالات بأنها بيضاوية الشكل، وتقع تحت سطح الجلد بعمق ملمتران. وفي ظل الظروف البيئية المناسبة، تنشأ ألواح أو زهور أو جذور جديدة من الأنسجة المرستيمية في الهالات. في الصبّار O.ficus-indica، تتوزع الهالات في شكل حلزوني، كما أنها تنتبت الأشواك (بدلا من الأوراق، كما في معظم النباتات). وعندما تكون الألواح يانعة، فإن الهالة تتشكل عند قاعدة القمة (في اللوحة). وتحمل القمة هيكلاً أخضر سهمياً صغيراً قصير العمر، سرعان ما ينهار ويسقط. هذا الهيكل سريع الزوال يتوافق مع ورقة النبات (الشكل 3). وتكون القمة بارزة في المرحلة الأولى من نمو الألواح، وتزول مع تقدم عمر الجذع. تبدأ الهالة في تشكيل أعلى القاعدة للمرستيم القمي الصغير، وسرعان ما تنمو الأشواك من المرستيم القاعدي (موزيث، 1984)؛ ويتنوع عدد الأشواك، ولكن في كثير من الأحيان تكون هناك شوكة أو اثنتان من الأشواك الوسطية الطويلة وشوكة أخرى قصيرة. وتنمو الأشواك الوسطية الطويلة لفترة أطول من غيرها؛ فهي أكثر سماكة لأنها تنشأ من بادئات جذور أكثر قوة (جيبسون ونوبل، 1986) ولها خلايا طويلة مع جدران خلايا متخشبة. وتبدأ الأوبار الشوكيّة في الظهور مع نموها.

الأشواك والأوبار الشوكيّة

إن وجود الأشواك هو أحد سمات الهالات المميّزة. ويكون لتشكلها أهميّة تصنيفية كبيرة (روبنسون، 1974). ومن الممكن التمييز بين نوعين: الأشواك والأوبار الشوكيّة. ووفقاً لبوكي (1944)، تعتبر الأشواك والأوبار الشوكية أفضل المكافآت البنيوية للألواح، والاختلافات بينهما كمية؛ فكلا النوعين مشتق من الغلاف والبدن، كما هو الحال في بادئات الجذور.

إن عدد الأشواك والأوبار الشوكية ومدة وجودها في الصبّار O.ficus-indica مرتبط بنوع الصبّار. وعادة ما تنتشر الأشواك في المرحلة الأولى من نمو الألواح، ومعظمها يسقط مع ارتفاع درجة الحرارة، وتظل الأجزاء المتبقية منها في بعض الأحيان على قاعدة الألواح لفترة أطول.

وفقاً لروبنسون (1974)، يكون سهلاً للغاية التمييز بين الفصيلة الفرعية Opuntioideae بالسطح الخشن في الأوبار الشوكية والأشواك. وفي الصبّار O.ficus-indica، يكون للأشواك سطح خشن، وللأوبار الشوكيّة سطح أملس؛ وتُجمع الأوبار الشوكية في مجموعات من 7 - 12 في تجاويف الهالات. ويكون لون الأشواك أبيض؛ ويكون طول إحداها أو اثنتين منها 1.0 - 1.5 سم؛ وهناك اثنتان أصغر منها تلازمان كل واحدة منها. وكلما كانت قمم الأشواك صلبة، يأخذ المرستيم القاعدي في الإطالة. وفقا لغامونغ، الذي استشهد به بكسبوم (1950)، تتجمع الأشواك في شكل سلسلة. أما الأوبار الشوكية فصغيرة وقصيرة ومتعددة الخلايا؛ وأغلب الظن أنه ربما تكون أولى شوكتين من الأشواك في الهالة من الاذينات، حيث تشكل الخلايا الملساء المطولة (عددها 14 - 16) سلسلة ولا تصبح قاسية. لونها بني وتُصبغ الهالات بهذا اللون كذلك. ويُغطي سطح الشوك الشعري بكربونات الكالسيوم والسكريات (بوكسبوم، 1950). ويتم تجميع الأوبار الشوكية فيمابين أربع وست مجموعات صغيرة، ومنها يمكن التمييز بين إثنان أو ثلاث أطول إلى حد ما، بها هيكل يشبه الشوك. كما أنها صلبة ومتحجرة ومثقبة؛ ويُغطى سطحها بحراشف شائكة، مما يسمح لها بأن تدخل إلى الجلد ولا يمكن عادة إزالتها بسهولة. تُثبت الأوبار الشوكية بالهالة أثناء نموها، ولكن بعد ذلك ينمو الفلين في المنطقة القشرية الخارجية حول قاعدة كل مجموعة. ونتيجة لذلك، في الصبّار O.ficus-indica، تكون الأوبار الشوكية نفضية وسهلة الإزالة عند لمسها أو أنها تسقط عند هبوب الريح. ولا تزال الوظيفة المحددة للأوبار الشوكية غير واضحة، ولكنها قد تكثف المياه من الهواء (بوكسبوم، 1950). وعلاوة على ذلك، تساعد الأشواك على تقليل درجة حرارة الجذع أثناء النهار، ويسهم وجودها في التقليل من اعتراض الضوء من خلال اللّوحة.

القشرة

يحتوي معظم الصبّار Opuntioideae على قشرة سميكة كحاجز خضوري تحته قشرة داخلية غير خضوريه أو قليلة الاخضرار (موزيث، 2005). ومنها ما يحتوي على ألواح مسطّحة تفتقر إلى الثنيات السطحية. في الصبّار Opuntia، توجد الكلورانشيما تحت الغلاف، وهي تشكل الأنسجة بين الغلاف وحلقة الحزم الوعائية. تتسم الكلورانشيما بأنها سميكة وعصارية وتتكون من قشرة أولية، تتكون من كتلة متجانسة نوعا ما من خلايا برنشيمية. وهي خضوريه في الجزء الخارجي منها، وتتسق في صفوف شعاعية طويلة لتشكل كلورانشيميا عمادية بارزة، كما يحدث في الأوراق العمادية. أما الجزء الداخلي فهو أبيض ويتشكل من خلايا برنشيمية كروية، مماثلة لتلك التي في النسيج المتوسط الإسفنجي.

إن جميع أنواع الصبّار Opuntioideae تحتوي على ألواح مسطحة لديها قنوات بعرض 660 - 600 3ميكرونغنية بخلايا هلامية تطفو بحرية في الهلام النباتي الخارجي، غير متصلة بالصفائح الوسطية. وتصطف القنوات مع ظهارة متعددة الطبقات. وتتكون قنوات الخلايا الهلامية خارج اللحاء الأساسي، وتتسع مع انفصال خلايا الظهارة الداخلية وتطفو في تجويف الخلية (موزيث، 1980، 2005). ويحتوي كل من الأجزاء الخضراء (الكلورنشيما) والبيضاء (البرنشيما) على خلايا منعزلة، مليئة بالهلام النباتي أو بلورات أصغر من تلك الموجودة في خلايا البشرة. وفي حين أن الجزء الأخضر الذي يحتوي على البلاستيدات الخضراء لديه الوظيفة الرئيسية للبناء الضوئي، فإن الجزء الأبيض هو بمثابة كيس لتخزين المياه. البرنشيما هي «المصنع الكيميائي» الذي ينتج الهرمونات والقلويدات وغيرها من المنتجات التي تتشكل خلال عملية الأيض النباتية (موث، 1984؛ ساجيفا وماوسث، 1991). وهي لا تحتوي على البلاستيدات الخضراء، ولكن تحتوي على جسيمات أخرى - البلاستيدات النشوية- لتخزين النشاء. وهي مصنوعة من أنسجة برنشيمية متجانسة، بمساحات صغيرة بين الخلايا.

إن الوظيفة المحددة للهلام النباتي ليست معروفة؛ ومع ذلك، يُعتقد بوجه عام أنه يساعد على الاحتفاظ بالماء داخل النبات. ويقدم ماوسيث (1980) شرحاً مفصلاً لنمو خلايا الهلام النباتي. فهناك جسيمات متشابكة نشطة جداً تنتج أكياساً صغيرة أو «حويصلات» من الهلام النباتي على طول جانبها، وتوضع المادة الهلامية خارج السيتوبلازم كلما زادت كمية الأنسجة. بعد ذلك، يموت السيتوبلازم وتنتفخ الجسيمات، تاركة الهلام النباتي فقط، حيثما كانت هناك خلايا حية. وتوجد الخلايا الهلامية في جميع أنواع الأنسجة: تحت الجلدية، القشرية، الأوعية، النخاع. فالهلام النباتي زلق جداً ومعقد ويتكون من الكربوهيدرات غير القابل للهضم (جيبسون ونوبل، 1986).

النخاع

يتكون نخاع الصبّار O.ficus-indica من خلايا كروية برنشيمية كبيرة بجدران خلوية رقيقة، مماثلة لتلك التي في القشرة الدّاخلية. ومعظم الخلايا النخاعية التي تكون قريبة من الحزم الوعائية تحتوي على العديد من حبوب النشاء الكروية أو الهلام وبعض البلورات الوردية. ومن الملفت أن المنطقة المحيطة بالنباتات (التي تقع في الجزء العلوي بالقرب من الشعاع الأوسط وشعاع المنطقة النخاعية) في بعض أنواع الصبّار Opuntioideae تتكون من قصيبات واسعة النطاق (ماوسيث، 2006ب)، وهي نوع من الخلايا المرتبطة بالزيلم (الخشب) بدلا من الأنسجة الأرضية، مثل النخاع أو القشرة.

النسيج الوعائي

تحت القشرة، يحتوي الصبّار O.ficus-indica على حلقة من الحزم الوعائية التبادلية بنسيج لين بينهما (eustele)، تقابلها طبقة

الشكل 2
بشرة بعدد 4 - 5 طبقات في الخلايا تحت الجلد

الشكل 3
هالة في لوحة يانعة تظهر شوكتان ، وورقة سريعة الزوال، والعديد من الأوبار الشوكية البنية اللون.

مولدة وعائية أو شعاع أوسط. وتتصل الحزم الوعائيّة بالنسيج المرستيمي في الهالات، وتشكل شبكة مجهرية فائقة الليونة من الأنسجة الوعائية النافذة من حزم تبعية. كما يشير فريمان (1970) إلى أنّ النوع O.basila-ris، المفاغر من حزم جذعية، شائع ويؤدي إلى تشكيل اسطوانة معقدة حول النخاع. ويتم تشكيل شبكة وعائية في كل عقدة عن طريق الانصهار من اثنين من كاذب المحور وأثر وعائي للورقة وأثر الهالة والعديد من الحزم التبعية؛ وبالتالي يتم إنشاء نظام مغلق. وبين هذه الحزم، يتم تشكيل ثغرات برنشيمية كبيرة معينية فوق النقطة التي يتشعب عندها كل أثر وعائي للورقة من شبكة الوعائية نحو الهالة.

يتسم الزيلم (الخشب) ببساطته، فعناصره الوعائية (عرضها 75 مكرون) أكبر في العدد من العناصر القصيبية المتناثرة (عرضها 40 ممكرون). وتتميز الأوعية الأولية، فضلا عن العناصر القصيبية للنسيج الوعائي، بوجود تخثرات حلزونية وحلقية، وثقوب متعرجة أو شبكية في الجدران الثانوية (هاميلتون، 1970). وتكون الخلايا الهلامية وحبوب النشاء الكروية غزيرة حول الحزم الوعائية. وقد وضع فريمان (1969) نظرية تذهب إلى أن الممرات أو القنوات اللثية لا تتشكل بالفعل؛ بل يكون هناك سقوط استذابي متكرر للجدران الفاصلة للخلايا اللثية.

إن جميع جذوع الصبّار، حتى أغلب الألواح المسطحة في الصبّار Opuntioi-deae، لديها حلقة واحدة من الحزم الوعائية التبادلية (وعائية، نموذجية لجميع النباتات البذرية غير أحادية الفلقة). هذه الأنسجة الوعائية الأولية لديها ميزات قليلة أو غير عادية في فصيلة Cactaceae (بيلي، 1961؛ جيبسون، 1976؛ موزيث، 2004).

اللِحاء

مع بعض الاستثناءات، تنشأ الطبقة المولدة الفلينية من خلايا البشرة (ماوسيث وروس، 1988؛ ماوسيث، 1989، 1996، 1999 أ ب ؛ موسيت أند كيسلينغ، 1997؛ تيرازاس سالغادو آندموسيث، 2002). ولأن الطبقة المولدة الفلينية الوحيدة سطحية فقط، يتكون قلف الصبّار من حزم متناوبة في خلايا الفلين والخلايا الحجريّة (وينتج كلاهما من القلف الفليني)؛ فهو لا يحتوي على الغلاف، أو القشرة، أو اللحاء الابتدائي أو الثانوي النموذجي للقلف في العديد من النباتات المزروعة. إن القشرة المخزنة للماء لا تنفصل أبداً. ويبدو أن الغدد عدسية الشكل ليس لها وجود (تيرازاس وآخرون، 2005).

الخشب

في الصبّار Opuntioideae، يتميز الخشب بتنوع هائل، فبعض الأنواع لها خشب ليفي عادي، في حين أن البعض الآخر يحتوي على خشب قصيبي واسع النطاق (جيبسون، 1977، 1978أ، ب؛ موزيث، 2006ب). هناك أيضا تنوعان في القصيبات واسعة النطاق في الصبّار Opuntioideae، إذ تقع تلك القصيبات في بعض الحالات في الشعاع ذاته. إن التمييز بين تلك القصيبات واسعة النطاق الموجودة في نظام الأشعة وفي النظام المحوري غير واضح لأن القصيبات واسعة النطاق تحدث في كليهما. وتُحدّد الأماكن المحورية من خلال وجود الأوعية (وعن طريق أغشية أنبوب غربالي في الأماكن المقابلة للحاء الثانوي)، والأشعة هي الأماكن التي لا تحتوي على أوعية (والأماكن المقابلة للحاء الثانوي ليس بها أغشية أنبوب غربالي). قد تكون القصيبات الشعاعية واسعة النطاق أكبر بكثير من القصيبات المحورية واسعة النطاق في نفس المجموع الخضري. وفي التنوع الآخر في الصبّار Opuntioideae، تحدث القصيبات واسعة النطاق فقط في الأشعة، وليس في النظام المحوري. وتكون الأشعة عريضة جدا، وتتألف من القصيبات واسعة النطاق والبرنشيما. وكذلك، تتألف الأنظمة المحورية المغزلية الشكل المستمدة الأولية من صف واحد أو صفين فقط من الأوعية وعدد قليل من خلايا البرنشيما.

البراعم الزهرية

في الصبّار، تتمثل البراعم الإبطية في الهالات وتنمو في وقت مبكر جداً في محور بادئات الجذور الورقية. تبدأ الهالة في النمو ككتلة من الخلايا، وسرعان ما تصبح ميريستم قمي عادي في المجموع الخضري في جميع الأماكن المناسبة: الغلاف، والخلايا الأم المركزية، والمناطق الطرفية، والميريستم الضلعي في النخاع. تنمو الأشواك والأوبار الشوكيّة في مرحلة مبكرة جداً. بعد فترة (طويلة أو قصيرة بشكل متباين)، يصبح الميريستم الموجود في وسط تجويف الهالة خاملاً. وعندما يصبح نشطاً مرة أخرى وينمو كبرعم طويل بدلاً من البرعم القصير، ويشكل فرعاً بأوراق وهالات أو ينتج نوعاً من البراعم الطويلة المعدلة تعديلاً كبيراً، وهي الزهرة (بيمينتا باريوس، 1990).

وتشير الدراسة التي أجراها ريس أغيرو وفالينتي بانويت(2006) حول البيولوجيا التناسلية للصبّار Opuntia إلى أنه على النقيض من جميع أنواع فصيلة Cactaceae الأخرى، فإن المريستم الذي يمكن أن ينتج إمّا لوحة جديد أو زهرة لن ينتج مرة أخرى. وعلاوة على ذلك، تنمو 74 في المائة من البراعم الزهريّة في الصبّار O.ficus-indica على ألواح عمرها سنة واحدة، وتنبت معظم البراعم النباتية من ألواح عمرها سنتان. إن الصبّار O.fi-cus-indica يزهر 20 برعماً زهرياً أو أكثر في اللّوحة، وخلال نمو الزهور، ويظل غلاف الثمرة محتفظاً بنشاط البناء الضوئي ونمو الهالات في الأوبار الشوكية والأشواك والأوراق. وفي الصبّار O.ficus-indica، عندما يصبح طول البراعم الزهرية0.5 سم، فيمكن تمييز المَتَاع والطلع مجهرياً. وتنقسم السداة بسرعة إلى أزواج من المئبر، ولكل منها اثنتان من حويصلات حبوب اللقاح. ويذكر المؤلفان ذاتهما أن المبيض في الصبّار O.ficus-indica يحتوي في كثير من الأحيان على العديد من الكرابل، يتراوح عددها من من ستة إلى إثني عشرة (عادة ثمانية)، وتنمو معاً في القاعدة وتصبح منفصلة في السطح الميسمي. يحتوي المبيض أحادي التجويف على ما يصل إلى 270 بويضة أو بادئات جذور وزنها 0.44 - 3.01 ميلغرام. وفي الصبّار O.ficus-indica، تتفتح الزهرة بعد الظهر، وتغلق عند غروب الشمس وتتفتح مرة أخرى في اليوم التالي. في بداية التفتح، يتم تجميع الأسدية معاً حول القلم، ولكنها

تصبح منفصلة في وقت لاحق. وربما يحدث تفتحا آخر قبل 12 ساعة من التزهر أو في وقت حدوثه.

هناك العديد من الخصائص التي تجعل زهرة الصبّار فريدة من نوعها (**الشكل 4**):

- شرائح الغلاف الزهري، متباينة بشكل ضعيف كبتلات ضعيفة بشكل متباين مثل البتلات؛
- أسدية منسقة بشكل حلزوني؛
- تحتوي المدقة على أربع كرابلات أو أكثر داخل كيس الزهرة متاع مِدَقة من أربعة كرابل أو أكثر، مرفقة في كوب الإزهار؛
- مبيض أحادي التجويف بمشيمة جدارية، يظهر مدمجاً في نهاية الفرع المعدل (بوكي، 1980).

وعلاوة على ذلك، يندرج الصبّار ضمن عدد قليل من النباتات، وهذه النباتات يظهر فيها الجزء الخارجي من المبيض السفلي، يسمى «كرسي الزهرة»، أوراق وهالات مكتملة النمو. وبعد ذلك يصبح هذا الهيكل قشرة في الثمرة. ومع ظهور البرعم، يمكن رؤيته ما إذا كان برعماً خضرياً أو إنجابياً من حجمه المكاني. ويتسم البرعم الإنجابي بأنه أكثر كروية (الشكل 5)، في حين أن البرعم الخضري يكون مسطحاً.

وتكون نسبة البراعم المزهرة إلى البراعم الخضرية 3: 1وربما تحتوي نسبة عشرة في المائة من الألواح على نوعين من البراعم بنسب متساوية (سودزوكي هيلزوآخرون، 1993). وتتراوح الزهور ما بين خنثوية ومتناظرة شعاعياً. إنها تنمو على الجزء العلوي من اللّوحة ذات العمرسنة اوسنتين، وأحيانا على لوحة ذات عمر ثلاث سنوات. وينمو كلا النوعين من البرعم عادة على سطح اللوحة كلما زاد تعرضه للضوء.

يحدث تمايز الإزهار على مدى فترة قصيرة، من 50 - 60 يوماً بعد أن يبدأ الميريستم ليكون نشطاً، حتى الوصول إلى التفتح، على النقيض من العديد من أشجار الفاكهة الأخرى (التفاح والكمثرى وغيرها) حيث يبدأ تمايز الإزهار في العام السابق (بيمينتا باريوس و إنغلمان، 1985). يتم تمثيل الجزء العقيم من الزهرة بواسطة الغلاف الزهري، وهناك بعض الاختلافات بين الكأسيات والبتلات: حيث تكون الكأسيات أصغر، ولكن كلاهما مستطيل الشكل، وهما يذوبان في القاعدة، مع بتلات صفراء أووردية جذابة. ويتغير لون الزهور الصفراء إلى البرتقالي أو الوردي بعد الخصوبة. ويتم تثبيت الأسدية العديدة في القاعدة وتدخل في وعاء كرسي الزهرة في شكل مُحزم، مما ينتج عنه نمو بشكل طارد مركزي بحيث تكون الدوارة الداخلية تحت متاع المدقة والجزء العلوي على ارتفاع الميسم. ويكون خيط السداة حراً وينتج المئبر كمية كبيرة من حبوب اللقاح الجافة، التي تذوب قبل البويضات (التذكير المبكر).

وفقاً لبيمينتا باريوس(1990)، يكون لدى المئبر حركة تجسيمية. ففي بداية التفتح، تكون الأسدية قريبة من القلم وتكون المآبر متصلة بقاعدة المدقة. وتعرف هذه العملية بالتلقيح الذاتي الإجباري، ويشرح التذكير المبكر للزهرة بطبيعة التزاوج الذاتي للصبّار O.ficus-indica (روزاس آند بيمينتا باريوس، 1986). ويكون التلقيح حشرياً عندما تكون الزهرة متفتحة؛ ويوضع الميسم فوق السداة (بيمينتا باريوس، 1990).

ويكون لدى المدقةنمط عريض عند القاعدة، وتقسيم بارز، ويتشكل ميسم حبيبي ولزج من عشر سبتات وتتشكل مثل المئبر. ويكون المبيض متحد الكرابل، أحادي التجويف، يتشكل من خمسة أخبئة ومشيمة جدارية.

في الصبّار Opuntia، يكون الحبل السري نحيلاً وطويلاً نسبياً؛ وتحتوي البويضات على أغلفة حقيقية (أرشيبالد، 1935)، مع وجود غلاف واحد داخلي خارج الغلاف الخارجي. ويعد الغلاف الثالث جزءاً معدلاً من أحد الغلافين الطبيعيين ويحيط بالبويضة تماماً (ايمز، 1961). تكون البويضات circinotropous، إذ يحيط الحبل السري بالبويضة ويغطي البوابة الصغرى مثل الغلاف الثالث السميك. فمن الممكن ملاحظة هذا الهيكل في بذور الصبّار O.ficus-indica، حيث تكون مسام البوابة الصغرى خالية تماماً.

الشكل 4
مقطع طولي لزهرة مكتملة النمو، حيث يبين احتواء المبيض السفلي على العديد من البويضات والقشرة والبتلات و الأسدية و المدقات السداة والمدقة.

الشكل 5
برعم زهري على حافة لوحة مكتملة النمو.

يتم تغطية السطح الداخلي للحبل السري بشعر قصير - «الحليمات» - وخاصة في النقطة التي يتلامس فيها الحبل السري مع البوابة الصغرى. ويتم ترتيب البويضات في صفين في كل درز بطني بارز. هذا الوضع قد يوحي بأن اتحاد المتاعية (الكرابل) هامشي. وتمتد الحزم الظهرية إلى البويضات (بوكي، 1980).

حبّة اللّقاح

يكون لدى حبة اللقاح طبقة خارجية سميكة، الجدار الخارجي، وتقوم بوظيفة وقائية. ويتغير حجمها اعتمادا على مستوى الرطوبة (ايمز، 1961). والطبقة الداخلية هي الجدار الداخلي؛ فهي رقيقة وتتكيف بسهولة مع التغيرات في الحجم. ولأنماط الجدار الخارجي قيمة تصنيفية ونوعية ملحوظة، حيث قد يصبح الجدار سميكاً ومعقداً جداً في الهيكل، أما الطبقة الخارجية فهي منحوتة بحواف إسقاطية وأشواك وحبيبات. وفي الصبّار Opuntia، تكون حبوب اللقاح كروية وشبكية وقطبية- لديها 18 مهبلاً- على غرار حبوب اللّقاح في O.fusicaulis كما وصفها شاينفار (1995)، الذي يحتوي على 20 مهبل. هناك عدد كبير من حبوب اللقاح، ومن الممكن رؤية أنابيب حبوب اللقاح المنبتة على سطح البشرة الغدية للقناة القلمية العريضة بعد 24 ساعة من التفتح. ويبدأ إخصاب البويضات تدريجياً بعد 48 ساعة من التفتح ويستمر لمدة عشر أيام. وقد سُمي هذا النمط من الإخصاب من قِبل روزاس وبيمينتا باريوس(1986) باسم «progamyc». ويعتمد متوسط عدد البويضات المخصبة لكل زهرة على النوع النباتي (روزاس أند بيمينتا باريوس، 1986).

في الصبّار O.ficus-indica، يوضع بين 18.4و30.1 في المائة من حبوب اللقاح على الميسم المنبت وتشكل أنابيب اللقاح. وقد يتشكل ما يصل إلى 397 أنبوب في هذا النوع، وتنمو على البشرة الغدية من القناة الداخلية للقلم. وتبدأ معظم الأنابيب على الميسم وتنمو نحو قاعدة القلم. تصل أنابيب اللقاح إلى قاعدة القلم بعد حوالي 48 ساعة من التلقيح وتبدأ عملية الإخصاب بعد 72 ساعة. وبعد أربع أيام، يتم تخصيب 48 في المائة من البويضات (روزاس و بيمينتا باريوس، 1986). ويشيع تعدد الأجنة التي تنشأ من أصل جويزي في الصبّار Opuntia. وهذا ما يفسر نمو اثنتين أو ثلاث نبتات من بذرة واحدة فقط. وقد قدر أرتشيبالد(1935) أن تعدد الأوعية الجويزية، مع نمو السويداء ودون الإخصاب، يحدث في الصبّار O.ficus-indica وغيره من الأنواع.

الثّمرة

تتسم ثمرة الصبّار O.ficus-indica بكونها توتا لحميا بسيطا يتشكل من مبيض سفلي مغمور في الأنسجة الجذعية في كرسي الزهرة. وتنشأ القشرة في كرسي الزهرة، ولها نفس الشكل مثل اللّوحة:

- بشرة ذات أوراق سريعة الزوال وهالات مكتملة، وتدوم الأوبار الشوكية بشكل أكثر في الألواح ؛
- أغلفة نحيلة وقشرة ضخمة؛
- وفرة الخلايا الهلامية، ولكن ليست بلورات.

يتكون اللب من نمو الترخومات التي تنشأ في خلايا البشرة من الحبل والمغلف المائل (بيمينتا باريوس وإنغليمان، 1985). ويعتمد حجم الثمرة على عدد البويضات المخصبة وعدد البذور المجهضة (أرتشيبالد، 1935؛ بيمينتاباريوس، 1990؛ باربيرا وآخرون، 1994). ولم يثبت بعد سبب إجهاض البذور.

وغالباً ما تكون الثمار من نوعين من البذور العقيمة، أحدها يسود في بعض الأحيان. وترتبط عدم قدرة البذور على العيش والنمو بشكل سليم بإجهاض البويضات أو الجنين العرضي اليانع (أرشيبالد، 1935). وفي الحالة الأخيرة، تستمر الجويزة في النمو، حتى بعد تشكيل الجنين، وفي الوقت الذي يتم تشكيل الحبل السري، يتغير في غلاف متخشب صلب. وفي شيلي، كشف العديد من ثمار الصبّار O.ficus-indica عن نوع ثالث من البذور غير القادرة على إكمال دورة الحياة بشكل طبيعي. فهذا النوع شكله مختلف، وربما أيضا نتيجة لتحول الحبل السري إلى غطاء صلب، ولكن مع التطور النشط للجويزة، الذي يظهر في نهاية المطاف من خلال المسام في منطقة النقير التي لم تمنعها البويضة. وفي أنواع الصبّار O.ficus-indica، ويعتبر وجود عدد كبير من البذور العادية في الثمرة عقبة أمام تسويقها. أما في الأنواع الإيطالية المنشأ، فيصل متوسط عدد البذور فيها إلى 273 بذرة لكل ثمرة، منها 146 بذرة طبيعية و127 بذرة عقيمة. أما الأنواع الإسرائيلية فتحتوي على 268 بذرة طبيعية لكل ثمرة، والأنواع المكسيكية تحتوي على 203 بذرة طبيعية لكل ثمرة (ريس أغيرو وفاليانت بانويت، 2006).

إن القطر الاستوائي هو أفضل ما يمثل الوزن الجاف والوزن الرطب للثمرة. المقارنات بين نمو القشرة والجزء الصالح للأكل يكشف عن أن نمو القشرة يكون أكبر خلال الأسابيع الأولى بعد الإزهار، في حين أن الجزء الصالح للأكل يبدأ في التوسع أكثر في آخر خمس وست أسابيع قبل النضج. وفقا لدراسة أجراها ريس أغيرو وفالينت بانويت (2006) على البيولوجيا التناسلية للصبّار Opuntia، فإن ثمار الصبّار O.ficus-indica تنمو بقوة من حيث الطول والعرض والوزن والحجم في أول 20 - 30 يوماً بعد التفتح؛ ثم تتوقف عن النمو بعد التفتح بما يقرب من 59 - 90 يوماً. وتنمو القشرة أسرع خلال المرحلة الأولى من نمو الثمار، وتكون البذور في أقصى نمو لها في المرحلة الثانية، والحد الأقصى لنمو اللب يحدث خلال المرحلتين الثانية والثالثة. ويتأثر وزن الثمرة بترتيب تولد البرعم الزهري وعدد الثّمار على اللّوحة. وهكذا تصبح البراعم الزهريّة ذات الإزهار المبكرة عادة أثقل الثمار. كما يتم الحصول على أثقل الثمار من الألواح التي تحتوي على ست ثمرات فقط.

04

الفيزيولوجيا البيئية وبيولوجيا تكاثر الصبّار المزروع

(1) Paolo Inglese و Giorgia Liguori

(2) Erick de la Barrera

(1)إدارة العلوم الزراعية والغابات، جامعة باليرمو، إيطاليا

(2)معهد البحوث في النظم الإيكولوجية، جامعة المكسيك القومية ، مكسيكو ، المكسيك

04 الفيزيولوجيا البيئية وبيولوجيا تكاثر الصبّار المزروع

مقدّمة

يعد الصبّار - Opuntia ficus-indica (L.) Mill - أحد نباتات الأيض الحمضي العصاري (CAM)المزروعة في بيئات واسعة النّطاق، ما أدّى إلى اختلافات كبيرة في بقاء النبات وتطوره، وكذلك في مستوى المحاصيل.

ويرجع التأقلم البيئي للصبّار، وتحديداً O.ficus-indica، بشكل كبير إلى نمطه اليومي المتميز من حيث امتصاص الكربون وفقدان الماء، وكلاهما يحدث غالباً في اللّيل. وكغيره من نباتات الأيض الحمضي العصاري (CAM)، يفتح الصبّار ثغوره ليلًا لتثبيت ثاني أكسيد الكربون وتراكم وتخزين المالات في الفجوات العصارية لخلايا الكلورنشيما. وبما أنّ درجات الحرارة ليلاً تكون أقلّ من درجات الحرارة نهاراً، وبما أن الرّطوبة النسبيّة أعلى بوجه عام، فإن نتح نباتات الأيض الحمضي العصاري (CAM) يكون أقل بثلاثة إلى خمسة أضعاف من النباتات الأخرى ثلاثية الكربون (C3) ورباعية الكربون (C4) (نوبل، 1988). وتكون النتيجة زيادة هائلة في كفاءة استخدام الماء وفي قدرة النبات على النمو في البيئات شبه الجافة التي تتميز بموارد مائية محدودة (200 - 300 ملم من الأمطار السنوية) أو حيث تطول فترات الجفاف ودرجات الحرارة العالية نسبياً. إن آليات التأقلم مع الجفاف لا تنطبق بالضرورة على ما يتعلق بدرجات الحرارة العالية. ورغم حدوثها ليلًا، يتأثر، وبشدة، كل من امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتراكم الأحماض بالمتغيرات البيئية كدرجة حرارة الهواء والضوء و نسبة الماء في النبات والمغذيات وملوحة التربة (نوبل، 1988). بل إنه في المنشأ الأصلي للصبّار في الهضبة الوسطى المكسيكية (800 1 - 200 2 م فوق مستوى البحر)، لا يتجاوز معدل هطول الأمطار 500 ملم، ويتراوح متوسط درجات الحرارة السنوية بين 16 و18 درجة مئوية، أما درجة الحرارة القصوى اليومية في الشهر الأشدّ حرارة فلا تتجاوز 35 درجة مئوية (بيمينتا باربوس، 1990).

في الهضاب المكسيكية، يتزامن موسم الجفاف مع فصل الشتاء البارد، أمّا الموسم الحار الذي يتزامن مع نمو الفواكه والنباتات فهو رطب وممطر جداً؛ والعكس يحدث تماماً في حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث يتزامن الموسم الجاف مع الأيام الأكثر حرارة وذلك عندما تنمو الثمار، ويتواصل النمو الخضري (إنغليز وآخرون، 2002ب).

وفي صقلية، حيث يزرع O.ficus-indica لإنتاج الفاكهة، يبلغ معدل هطول الأمطار السنوي حوالي 500 ملم، ويتراوح متوسط درجة الحرارة السنوية بين 15 و 18 درجة مئوية، وتبلغ ذروتها في آب/ أغسطس لتصل إلى 37 درجة مئوية، أثناء فترة نمو الثمار (إنغليز، 1995). كما ينتشر O.ficus-indica على نطاق واسع في شمال إفريقيا (مونجوز و لوهويرو، 1965 a)، وفي المرتفعات (2 000 – 2 500 مترفوق سطح البحر) في تيغراي بأثيوبيا ، وفي جنوب أفريقيا. وعلى النقيض من ذلك، لا يتواجد في المناطق التي تقل فيها الأمطار عن 350 ملم وتزيد فيها درجات الحرارة القصوى الصيفية نهاراً عن 42 درجة مئوية، مثل حزام الساحل، وصحراء موهافي في كاليفورنيا، وصحراء راجستان في الهند (فيلكر وإنغليز، 2003). وقد وصف لوهويرو (2002) المزارع في العزيزة (ليبيا)، حيث تتجاوز درجة الحرارة العليا 50 درجة مئوية، حيث لا تستطيع ألواح O.ficus-indica البقاء حيّة عند 70 درجة مئوية (نوبل، 2002). ويمكن حصاد ثمار الصبّار O.ficus-indica بدءاً من شهر يوليو/ تموز حتى شهر نوفمبر/ تشرين الثاني في نصف الكرة الأرضية الشمالي (حوض البحر الأبيض المتوسط وكاليفورنيا والمكسيك) ومن شهر يناير/ كانون الثاني حتى شهر أبريل/ نيسان في نصف الكرة الأرضية الجنوبي، حسب الأصل الوراثي وتفاعل الأصل الوراثي مع البيئة. وقد تمدد عملية إعادة الإزهار الطبيعي أو المحفز فترة النضج إلى شهري يناير/ كانون الثاني وفبراير/ شباط في نصف الكرة الارضية الشمالي وإلى سبتمبر/ أيلول وأكتوبر/ تشرين الأول في نصف الكرة الأرضية الجنوبي. وقد لوحظ إزهار مستمر تقريباً في ساليناس بكاليفورنيا (بانش، 1996)، ما أدّى إلى تمديد فترة نضج الثمار.

دورة الأيض الحمضي العصاري (CAM)

تعود عملية الأيض الحمضي العصاري (CAM) في الأصل إلى الفصيلة المخلدية Crassulaceae، وهي عبارة عن آلية لتركيز ثاني أكسيد الكربون، تطوّرت كردّة فعل على الجفاف في البيئات الأرضية وعلى نقص الكربون غير العضوي في البيئات المائية (كيلي، 1998).

يحدث الأيض الحمضي العصاري (CAM) في 16 ألف نوع (بين ستة وسبعة في المائة من أنواع النباتات)، حيث ينتمي هذا العدد إلى أكثر من 300 جنس من حوالي 40 عائلة، بدءاً من الغابات الاستوائية النفضية إلى الصبّار الصحراوي والصبّار العمودي. والغالبية العظمى من النباتات التي تستخدم الأيض الحمضي العصاري (CAM) هي من كاسيات البذور. ويكون معظمها إما من النباتات الهوائية (على سبيل المثال، السحالب، البروميلاوات) أو النباتات الجفافية العصارية (على سبيل المثال، الصبّار، الفربيون الصبّاري)؛ ولكن يحدث الأيض الحمضي العصاري (CAM) أيضاً في نباتات الصخور، والبروميلاوات البرية، والنباتات الملحية

Mesembryanthenum crystallynum، ونوع واحد من النباتات الأرضية غير العصارية (Dodonaea viscosa) ونوع واحد من أشجار المانغروف (Sesuvium portulacastrum).

خصائص الأيض الحمضي العصاري (CAM) والعصاريّة

• فصل امتصاص ثاني أكسيد الكربون وإزالة الكربوكسيل -زمنياً أو مكانياً.

• الحد من النتح نتيجة التفتّح الليلي للثغور- وتحتوي الأعضاء المخزنة للمياه على 90 - 95 في المائة من الماء مقارنة بنسبة 40 - 70 في المائة من الخشب غير العصاري؛

• انخفاض فقدان الماء، ففي نفس درجة تفتح الثغور أثناء الامتصاص اليومي للكربون تفقد نباتات الأيض الحمضي العصاري 20 - 30 في المائة من كمية الماء التي تفقدها النباتات ثلاثية الكربون (C3) ورباعية الكربون (C4)؛

• نسبة كتلة الجذور لكتلة الألواح منخفضة مع سرعة نمو الجذور في ظروف الرطوبة ؛

• تسوبر الخلايا القشرية، مع تشكيل فجوات التربة الجذرية أثناء تجفّف التربة؛

• إعادة تدوير داخلي للمياه من البرنشيما إلى الكلورنشيما – ما يحافظ على انتفاخ أنسجة البناء الضوئي على نطاق واسع من مستويات الماء؛

• إمداد الثمار بالماء والمذيبات عبر اللحاء (الضغط الاسموزي للحاء منخفض نسبياً: 0.94 ميجا باسكال (أقل بمرتين أو ثلاث مرات عن معظم النباتات الوعائية الأخرى).

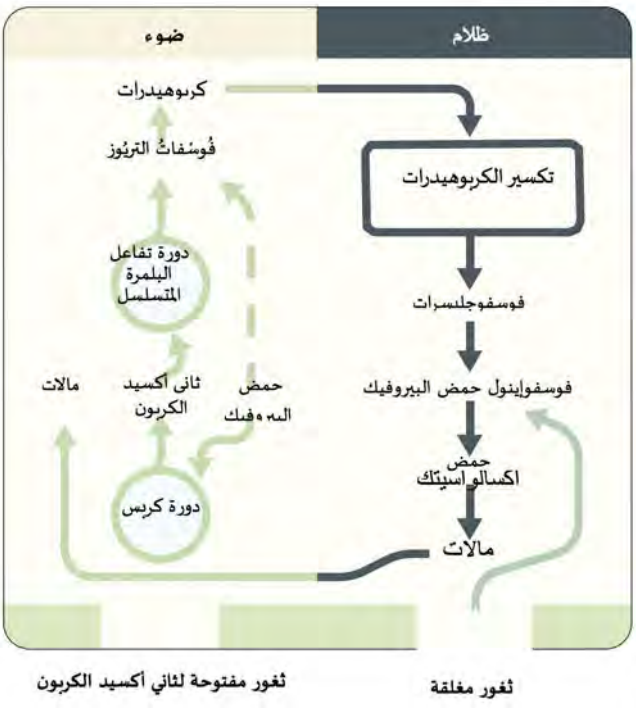
ويمكن تلخيص مسار الأيض الحمضي العصاري على النحو التالي:

(الشكل 1)

• **المرحلة 1:** في الليل، يحدث تثبيت ثاني أكسيد الكربون عندما تتفتح الثغور وينتشر ثاني أكسيد الكربون في الفضاءات الداخلية لخلايا النسيج المتوسط ثم في السيتوسول، حيث يرتبط بفسفوإينول بيروفيت (PEP)، وهو مركب ثلاثي الكربون، تحت تأثير انزيم الكربوكسيل فسفوإينول بيروفيت(PEPc) . ويحفز هذا الإنزيم تشكيل الأوكسالواسيتات، والذي يمكن أن يتحول إلى المالات بواسطة ثنائي نوكليوتيد الأدنين وأميد النيكوتين انزيم مالات ديهيدروجيناز (+NAD). ولتجنب التثبيط، يتم نقل المالات بنشاط من السيتوسول إلى الفجوة الخلوية، حيث يتم تحويله إلى حمض الماليك، ما يؤدّي إلى زيادة الحموضة بشكل ملحوظ. وتشكل الفجوات العصارية في خلايا الكلورنشيما أكثر من 90 في المائة من حجم الخليّة بسبب التراكم اللّيلي للأحماض العضويّة.

• **المرحلة 2:** يحدث الانتقال في وقت مبكر من الصّباح من نشاط انزيم الكربوكسيل فسفوإينول بيروفيت إلى نشاط انزيم روبيسكو.

• **المرحلة 3:** خلال النهار، تغلق النباتات الخلايا الحارسة وتغلق الثغور بإحكام و يرتفع تركيز أيون الهيدروجين(pH) . وينتشر المالات خارج الفجوة الخلوية ويُنزع منها الكَربوكسيل. يتم إطلاق ثاني أكسيد الكربون (ليرتفع من 0.2 إلى 2.5 في المائة) في السيتوسول ويُثبت في دورة كالفن



الشكل 1
أيض الحمض العصاري

في البلاستيدات الخضراء عن طريق الريبولوز 1،5-بيسفوسفات كربوكسيلاز / أوكسيجيناز (انزيم روبيسكو) ما يؤدي إلى توليف النشاء أو الجلوكانات الأخرى.

• **المرحلة 4:** في وقت متأخر بعد الظهر يصبح انزيم الكربوكسيل فسفوإينول بيروفيت (PEPc) نشطاً. وفي ظل ظروف بيئية شديدة الجفاف، قد تنحصر دورة الأيض الحمضي العصاري في هذه المرحلة فقط.

• بدأت قياسات تبادل الغازات في O.ficus-indica في أوائل الثمانينيات، عندما قام نوبل وهارتسوك (1983) بقياس امتصاص ثاني أكسيد الكربون على الألواح وحيدة السلامية. وفي درجات الحرارة الجيدة والإشعاعات المعترضة، قد تصل القيم الآنية لصافي امتصاص ثاني أكسيد الكربون في الألواح وحيدة السلامية التي يبلغ عمرها سنة واحدة إلى 18 ميكرو مول للمتر المربع في الثانية، مع المجموع اليومي لامتصاص ثاني أكسيد الكربون بمقدار 680 ميلليمول متر مكعب (نوبل وبوبيتش، 2002). ومع ذلك، وعلى الرغم من كون تحديد صافي البناء الضوئي (Pn) في اللّوحة وحيدة السلامية مفيداً لتقدير معدل تبادل الغازات لكل وحدة مساحة، فإنّه توجد قيود عند استخدامه لتقدير تبادل الغازات على مستوى النبات بأكمله بسبب إمكانية وجود تغير كبير في استيعاب الكربون ضمن النبات، وذلك نتيجة لاختلاف عمر الهالات (ساميش وإلرن، 1975)، والإشعاع المعترَض (نوبل، 1988)، وحمل المحصول (إنغليز وآخرون، 1994ب)، وعلاقات المنبع والمصب (بيمينتا باريوس وآخرون، 2005) والاستجابة للإجهاد اللاحيوي (نوبل وبوبيتش، 2002).

• ولا تتوفر سوى بيانات قليلة عن صافي امتصاص اللّوحة لثاني أكسيد الكربون وفقاً لعمرها. فقد لاحظ سامش وإيلرن (1975) أن الحموضة القابلة للمعايرة تنخفض خطياً مع التقدم في العمر، ويكون مستوى الحموضة في الألواح التي يبلغ عمرها سنة واحدة أعلى ثلاث مرات من الألواح التي يبلغ عمرها سنتين، والواقعة في موضع قاعدي. وقد تم وضع فرضية انتقال الكربون من الألواح التي يبلغ عمرها سنتين من أجل تلبية متطلبات نواتج عملية البناء الضوئي للألواح المثمرة التي يبلغ عمرها سنة واحدة (إنغليزوآخرون، 1994ب؛ دي لا باريرا ونوبل، 2004)، ويتغير تقسيم الكربون بين الألواح الأم والأبنة حسب مرحلة نمو اللوحة والظروف البيئية (التظليل، وتوافر الماء) (لويو ونوبل، 1993؛ بيمينتا باريوس وآخرون، 2005). وقد يكون امتصاص الألواح ذات السنتين من العمر، لثاني أكسيد الكربون طوال الموسم أقل بنسبة 40 في المائة منه في الألواح التي يبلغ عمرها سنة واحدة (ليغوري وآخرون، 2013أ).

إحصاءات متعلقة بالأيض الحمضي العصاري (CAM)

• يستطيع O.ficus-indica امتصاص 344 إلى 680 ميلليمولفي المتر المربع في اليوم من ثاني أكسيد الكربون (35 في المائة = C).

• وتكون القيم اللحظية القصوى لامتصاص ثاني أكسيد الكربون بواسطة الألواح وحيدة السلامية = 18 ميكرو مول في المتر المربع في الثانية.

• وقد يصل امتصاص الثمار لثاني أكسيد الكربون بعد أسبوعين من الإزهار إلى 42 ميلليمول في المتر المربع في اليوم ، أي 20 في المائة من امتصاص اللوحة وحيدة السلامية في نفس المكان والوقت من السنة.

• توجد 10 - 30ثغور في المليمتر المربع في نباتات الأيض الحمضي العصاري مقابل 100 - 300 مم$^{-2}$ في النباتات ثلاثية الكربون (C3).

• نسبة كثلة الجذر لكُتلة الظُّلة تتراوح بين 0.12 (نوبل، 1988) و0.09 (إنغليز وآخرون، 2012) و0.20 (إنغليز وآخرون، 2012) على الأشجار المروية الناضجة.

• تكون الطبقة الشمعية في البشرة 50-10 ميكرو متر مقابل 2-0.2 ميكرو متر في أوراق النباتات ثلاثية الكربون (C3) ورباعية الكربون (C4).

• قد تفقد الكلورنشيما في O.ficus-indica بشكل عكسي 70 في المائة من محتوى الماء عند الانتفاخ الكامل، ويمكن أن تفقد البرنشيما 82 في المائة، وكلاهما يحتفظان بالقدرة على استرجاع كامل ما فقداه من ماء.

• بعد فترة جفاف استمرت 15 أسبوعاً، تفقد البرنشيما 60 في المائة من محتوى المياه والكلورنشيما 25 في المائة (غولدستين وآخرون، 1991).

المناخ المشمس أفضل من المناخ المُغيّم

• يتم امتصاص الضوء وثاني أكسيد الكربون في أوقات متفاوتة، ويعتمد تفتح الثغور اللّيليّة أكثر على القيمة اليومية بدلا من القيمة اللحظية لتدفق الفوتون البناء الضوئي بالتمثيل الضوئي (PPF).

• نقطة التعويض عند تدفق الفوتون بالبناء الضوئي بالتمثيل الضوئي (PPF) تساوي 3 مول في المتر المربع في اليوم .

• نقطة التشبع عند تدفق الفوتون بالبناء الضوئي بالتمثيل الضوئي = 30 مول في المتر المربع في اليوم .

عند تدفق الفوتون بالبناء الضوئي بالتمثيل الضوئي = 22 مول في المتر المربع في اليوم ، يصل امتصاص ثاني أكسيد الكربون إلى 90 في المائة من حدّه الأقصى.

التربة المناسبة لزراعة الصبّار

ينمو هذا النوع في جميع أنواع التربة. وكثيرا ما يتكيف حتى مع التربة التي تحدها الصّخور الصّلبة المستمرة في أول 25 سم، والتي تتميز بمحتوى كربونات الكالسيوم يفوق 40 في المائة أو بمحتوي يقل عن عشرة في المائة من االتربة الجيدة (نوبل، 2002). وبوجه عام، يكون الصبّار O.ficus-in-dica قابلا للتأقلم إلى حد كبير، ولكنه يتأثر بشكل سلبي بالملوحة العالية وغمر المياه، ذلك أن المجموع الجذري يكون حساساً جداً بنقص الأوكسجين (الجدول 1).

وبالنسبة إلى إنتاج الأنواع التجارية، تكون عتبة تركيز الملح للمحلول الترابي 50 ميلي مولار كلوريد الصوديوم (نوبل، 2002). وفي حالة تركيز 30 مول في المتر المكعب (1.76 جزء لكل تريليون كلوريد الصوديوم)، ويقل النمو بنسبة 40 في المائة، مقارنة بالشاهد غير المالح، في حين أن تركيز 100 مول في المتر المكعب (5.85 جزء لكل تريليون كلوريد الصوديوم) يقلل من النمو بنسبة 93 في المائة (جرساني وآخرون، 1993). فهو يتميز بتحمل وجود الهواء في التربة بكميات عالية (الخصائص المسامية العالية الهيكلية أو النسيجية) ومحتوى عضوي بسيط أو ضئيل. وفي ما يتعلق بالمتطلبات التربية، فإن توافر الكالسيوم والبوتاسيوم يكون مفيداً للحصول على محصول جيد.

امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتوافر المياه

تصل كفاءة استخدام الماء (WUE) في الصبّار O.ficus-indica إلى حوالي 3.3 - 4.0 غرام من المادة الجافة لكغرام من الماء (دي كوك، 1980؛ لوهويرو، 2002). في الألواح اليانعة، يتحرك الماء في البداية من خلال اللحاء، في حين أن الامتصاص الخشبي للماء يبدأ بعد شهر واحد من ظهورها (وانغ وآخرون، 1997). كما أن انتقال المنبع للمصب يرافقه انعكاس في فرق الجهد المائي بين الألواح اليانعة واللّوحة الأمّ. وعلى وجه التحديد، في البداية، يكون الجهد المائي أعلى في الألواح اليانعة من الألواح الأمّهات، وتصبح أقل في الألواح اليانعة بعد لكغرام أسابيع من النمو (لويو ونوبل، 1993؛ وانغ وآخرون، 1997). تعمل العصارة الموجودة في اللّوحة كمخزن مؤقت للحفاظ على الانتفاخ في الأنسجة الضوئية (الكلورنشيما) مما يتيح للألواح مواصلة عملية البناء الضوئي خلال فترات الجفاف.

يكون لفترات الجفاف الطويلة العديد من الآثار الفسيولوجية على الصبّار. وفي ظل الظروف المثلى (25/15 درجة مئوية نهار / ليل) والتشبع الضوئي، قد يعمل O.ficus-indica على تمثيل 3.44 جم في المتر المربع في اليوم من ثاني أكسيد الكربون؛ حيث أفاد نوبل و هارتسوك (1984) أنه يلزم ثلاثة أسابيع من الجفاف لخفض نصف صافي امتصاص ثاني أكسيد الكربون في الألواح على مدى 24 ساعة؛ وبعد 50 يوما من الجفاف، يكون صافي امتصاص ثاني أكسيد الكربون في الألواح صفر تقريبا (أسيفيدو وآخرون، 1983).

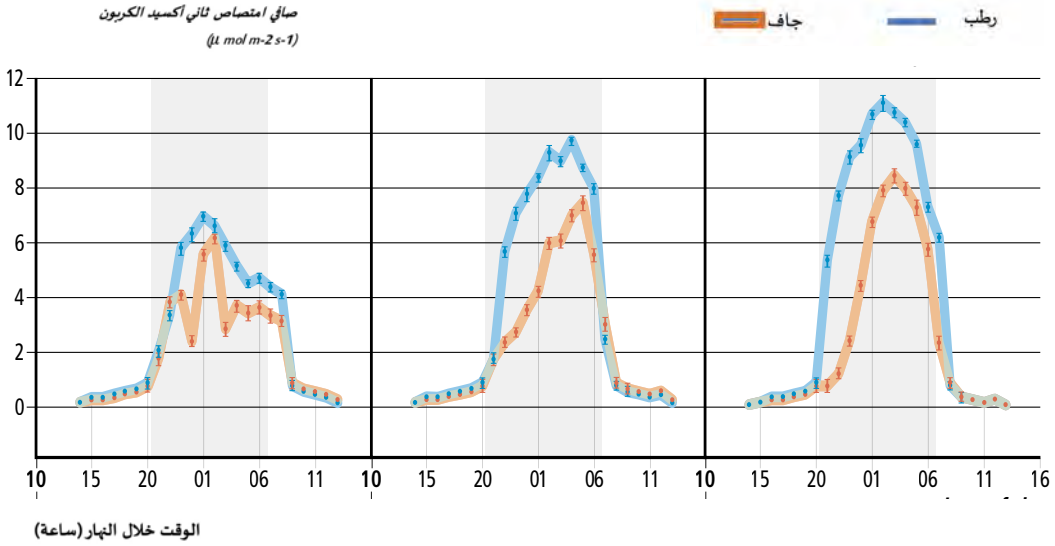
الكلورنشيما تفقد فقط 27 في المائة من الماء (أسيفيدو وآخرون، 1983؛ غولدستين وآخرون، 1991). وتنخفض درجات الحرارة المثلى لصافي امتصاص ثاني أكسيد الكربون الليلي في اللّوحة حين تكون النباتات تحت ظروف الجفاف (نوبل وهارتسوك، 1984)، خاصة إذا طالت فترة نقص الماء (نوبل، 2001). وبعد جفاف مطول، يتناقص محتوى الماء النسبي، وسماكة الألواح (البرنشيما)، ومحتوى الكلوروفيل في الألواح وحيدة السلامية (بيمينتا باريوس وآخرون، 2007). وفي ظروف الإجهاد المائي، يمكن تمييز البرنشيما بالكاد عن الكلورنشيما المحيطة به (بارسيكوسكي ونوبل، 1984؛ ليغوري وآخرون، 2013 أ). إن قدرة أنسجة البرنشيما على تخزين الماء ونقله إلى الكلورنشيما تلعب - في ظل ظروف الإجهاد المائي – دور خزان مؤقت فعال إستجابةً لمختلف الاحتياجات الفسيولوجية (نوبل، 2002). بعد ثلاثة أشهر من الجفاف ومقارنة مع ظروف الري الجيد، لا يتأثر الضغط الاسموزي للبرنشيما والكلورنشيميا إلا قليلا، بينما ينخفض ضغط الانتفاخ بنسبة 86 في المائة (غولدستين وآخرون، 1991).

الجدول 1: الخواص الوظيفية لقدرة التربة وفئاتها عند زراعة O. ficus-indica

الخواص الوظيفية		الفئات			
		«S1» اكثر ملائمة	«S2» ملائم	«S3» أقل ملائمة	«N» غير ملائم
أقصى درجة حرارة	درجة مئوية	< 3	< 3	<3-- ;> 3	> -5
درجة حرارة متوسطة	درجة مئوية	18 - 23	15-18	10-15	> 10
هطول الامطار سنوياً	مم	> 400	> 400	200 - 400	> 100
القوام		رملي إلى مختلط		طمي-طين	طمي-طين
الهيكل		خامل	خامل	خامل	زائد
العمق		خامل	خامل	خامل	خامل
الكربونات		خاملة	خاملة	خاملة	خاملة
الاستجابة	pH KCl	5 - 8	5 - 8	5 - 8	> 5 ;8<
المادة العضوية	%	> 0.5	> 0.5	> 0.5	> 0.5
توافر الكالسيوم		مرتفع	مرتفع	متوسط	غير كافٍ
توافر البوتاسيوم		مرتفع	مرتفع	متوسط	غير كافٍ
$^{a}EC_e$	dS m−1	> 2	2 - 4	4 - 7	> 7
المياه الجوفية الفرعية		غير موجودة	غير موجودة	غير موجودة	موجودة

$^{a}EC_e$ = المَوصّلية الكهربائية للمستخرج المشبّع في التربة

كما تمثل التقلبات اليومية في سمك اللّوحة مؤشرا مبكرا على إجهاد الجفاف. وتظهر الألواح اليانعة تقلبات أكثر وضوحا في السّمك بالمقارنة مع الألواح الأقدم، وبالتالي تكون بمثابة نموذج مناسب لتقييم استجابات النباتات للعوامل البيئية. وفي ظل ظروف الزراعة المروية، ترتبط التقلّبات اليوميّة لسُمك اللوحة ارتباطا مباشرا بالتغيرات في درجات الحرارة، ولكن ليس تحت ظروف إجهاد مائي الشديد (سكاليسي وآخرون، 2015). وبالإضافة إلى ذلك، فإن نمو اللّوحة فائق الاستجابة لإعادة الري بعد فترات طويلة من الجفاف، ما يشير إلى أن التخفيض المنظم للري لن يؤثر تأثيراً كبيراً على الكتلة الحيوية للنبات.



الشكل 2
الصافي اليومي لامتصاص ثاني أكسيد الكربون في اشجار O.ficus-indica موضوعة في اوعية - مروية وغير مروية

«أ»
تدفق الفوتون بالتمثيل الضوئي اليومي: 27.3 مول م2- /يوم
درجة الحرارة النهارية /الليلية: 26 / 19 درجة مئوية
محتوى ماء التربة: · مروي: ٪18؛ ·
غير مروي: 6%

«ب»
تدفق الفوتون بالتمثيل الضوئي اليومي: 35.1 مول م2- /يوم
درجة الحرارة النهارية /الليلية: 28 / 20 درجة مئوية
محتوى ماء التربة: · مروي: ٪18؛
غير مروي: 5%

«ج»
تدفق الفوتون بالتمثيل الضوئي اليومي: 39.2 مول م2- /يوم
درجة الحرارة النهارية /الليلية: 28 ° / 23 درجة مئوية
محتوى ماء التربة: · مروي: ٪19؛
غير مروي: 2%

والمثير للدهشة أن القياسات التي تدمج نظام تبادل الغازات في الشجرة تثبت أن الصبّار O.ficus-indica تواصل البناء الضوئي بعد 60 يوماً من توقف الري وعندما يكون محتوى الماء في التربة أقل من خمسة في المائة (الشكل 2). في هذه المرحلة، تصبح الألواح الحالية والتي يبلغ عمرها سنة واحدة في الأشجار غير المروية مترهلة، لكن يظل صافي امتصاص ثاني أكسيد الكربون اليومي للصبّار بأكمله محافظا على نفس المعدل كما في بداية التجربة، بينما، خلال الموسم، تضاعف الأشجار المروية جيدا صافي امتصاص ثاني أكسيد الكربون. وفي نهاية الأمر، يكون امتصاص ثاني أكسيد الكربون اليومي للشجرة بأكملها، والذي يدمج الألواح المختلفة الأعمار والقدرة على البناء الضوئي، أقل بكثير من القيم المقاسة للألواح وحيدة السلامية في ظروف مماثلة (رطبة أو جافة) (نوبل وبوبيتش، 2002؛ بيمينتا باريوس وآخرون، 2005) - وهذه إشارة إلى المساهمة المختلفة من الألواح وحيدة السلامية في البناء الضوئي للشجرة الكاملة. إن قدرة الصبّار O.ficus-indica على الحفاظ بشكل كبير على نشاطها الضوئي - حتى حين تفقد معظم ماء البرنشيما - قد ترتبط على الأرجح بحركة الماء (من الألواح الأمهات إلى البنات) ونقل الماء بين الأنسجة (من البرنشيما إلى الكلورنشيما) ما يؤدي إلى انخفاض معدل فقدان الماء من الأنسجة الضوئية (بارسيكوسكي ونوبل، 1984؛ نوبل، 2006). ووفقاً لجولدشتاين وآخرون (1991) ونيرد ونوبل (1991)، بعد فترة 15 اسبوعاً من الجفاف، ينخفض محتوى الماء في اللّوحة بحوالي 60 في المائة، وتفقد البرنشيما المخزنة للماء نسبة أكبر من الماء (65 في المائة) من الكلورنشيما (27في المائة)، وهذا من المرجح أن يساعد على الحفاظ على التراكم الليلي للأحماض في نسيج الكلورنشيما. يمكن للكلورنشيما في O.ficus-indica أن تفقد انعكاسيا 70 في المائة من محتواها المائي عند الانتفاخ الكامل، في حين أن البرنشيما المخزنة للماء يمكن أن تفقد 82 في المائة (أندريد وآخرون، 2009)؛ وفي

الواقع، عندما تهطل الأمطار بعد فترة جفاف طويلة، تظهر الألواح المروية مرة أخرى انتعاشا كاملا من حيث الوزن الرطب والجاف ونمط معدل تبادل الغازات (بيمينتا باريوس وآخرون، 2005). في غياب الثمار، يتم تقسيم الكربون المتراكم في الألواح المروية جيدا على البرنشيما في الألواح التي يبلغ عمرها سنتين والتي يبلغ عمرها سنة واحدة وتلك التي نمت منذ أقل من سنة. ومن ناحية أخرى، قد تكون المواد الجافة المتراكمة خلال فترة الجفاف موجهة إلى الألواح القديمة والجذور، وهي المسؤولة عن تعافي النبات بعد فترة طويلة من الجفاف (نوبل، 1988). إن جذور الصبّار O.ficus-indi-ca ذات 18 شهراً وغير المروية تتضمن الكربون الآتي من الألواح القاعديّة بنسبة 23 في المائة أي أعلى مما هو عليه الحال في الأشجار المروية جيدا (لويو ونوبل، 1993). ويساهم تغيير نمط رصد الكربون لصالح الجذور في مقاومة الجفاف عند الأشجار المعمرة والأشجار الخشبية ويسهل تعافيها بعد فترات طويلة من الإجهاد المائي (دا كوستا وهوانغ، 2009؛ فاوست، 1989). وعلاوة على ذلك، فإن محتوى السكر القابل للذوبان عادة ما ينخفض مع الجفاف، مقترناً بزيادة مماثلة في عديد السكاريد، من المفترض أن تتمثل في النشاء، في البرنشيما المخزنة للماء، ولكن ليس في الكلورنشيما (نيرد ونوبل، 1991).

وفي المناطق التي لا تهطل فيها أمطار (أقل من 50-30 ملم) خلال فترة نمو الثمار أو حيث يكون هطول الأمطار السنوي أقل من 300 ملم (غوليوزا وآخرون، 2002أ)، يحتاج O.ficus-indica إلى ريّ تكميلي للحصول على مردودية كافية و جودة ثمار عالية (أكثر من 120 غرام من الوزن الرطب) (باربيرا، 1984؛ غوليوزا وآخرون، 2002a؛ فان دير ميروي وآخرون، 1997). ينخفض حجم الثمرة بسبب نقص المياه بفترة طويلة قبل أن تظهر على الشجرة أية أعراض للإجهاد المائي (غوليوزا وآخرون، 2002أ). بل إن النبات يكون قادراً على إعادة تدوير المياه الداخلية وضخ الماء إلى الثمرة عبر اللحاء (نوبل، 2002). يفيد نيرد وآخرون (1989) أنه في صحراء النقب، حيث يقل معدل هطول الأمطار السنوي عن 300 ملم، ينظم الري الشتوي خصوبة النبات وتوقيت الدفق الربيعي. ومع ذلك، فإن الريّ وحده لا يمكن أن يقلّل من تأثير درجات الحرارة المرتفعة، ما يؤثر على معدل تبادل الكربون أكثر من النتح، ويؤدي دائما، حتى في ظل الري، إلى انخفاض نمو الثمار والنضج المتقدم. وقد قام كونسيلو وآخرون (2013)، في المناطق التي لا توجد فيها أمطار صيفية (يونيو - سبتمبر) ومع هطول أمطار سنوية بمعدل 500 ملم، بقياس قيم معامل المحصول (Kc) بمقدار 0.45 - 0.50.

الاستجابة للحرارة

جاف ولكن ليس شديد الحرارة: قد يكون هذا هو شعار O.ficus-indica. إن الأيض الحمضي العصاري يمكّن النبات من الوصول إلى أقصى قدر من إنتاجية البناء الضوئي مع درجات حرارة نهارية تبلغ 25 درجة مئوية ودرجات حرارة ليلية تبلغ 15 درجة مئوية. وتؤدي درجات الحرارة الأكثر ارتفاعا في النهار أو الأقل انخفاضا في الليل إلى نقص حاد في استيعاب الكربون، ما يؤدي إلى ضعف نمو النباتات وانخفاض الإنتاج (نوبل، 2002)، وبالتالي انخفاض قيمة المحصول.

إن درجات الحرارة التي تزيد عن 30 درجة مئوية تتسبب في خفض النشاط الضوئي بنسبة تصل إلى 70في المائة؛ وتؤثر على شكل الثمرة عندما تحدث خلال المراحل الأولى من نمو الثمرة؛ وتقلل فترة المرحلة الثالثة لنمو الثمرة، والتي تتوافق مع نمو معظم اللب الصالح للأكل، ما يؤدي إلى النضج المتقدم والمبكر، وكذلك تقليل حجم الثمار وثباتها ومحتوى السكر فيها. كما تؤدي درجات الحرارة المرتفعة أثناء نمو الثمار إلى تعزيز حساسية الثمرة لدرجات الحرارة المنخفضة (أقل من 8 درجات مئوية) أثناء التخزين بعد الحصاد (إنغليز وآخرون، 2002 ب). وبالمقابل،تؤدي درجات الحرارة اليومية التي تقل عن 15 درجة مئوية إلى إبطاء نمو الثمار وتأخير وقت نضج الثمار وزيادة سماكة قشر الثمرة وخفض المحتوى الصلب القابل للذوبان وسوء لون القشرة (إنغليز، 1995؛ ليغوري وآخرون، 2006؛ نيرد وآخرون، 1991 أ). إن درجات الحرارة التي تقل عن صفر درجة مئوية، ولو لمدة أربع ساعات، تتسبب في تلف حتمي في اللوحة والثمرة. وتشكل درجات الحرارة المرتفعة عائقا رئيسيا لإنتاج ثمار عالية الجودة في المناطق ذات الصيف الحار والجاف. والواقع أن درجة الحرارة اليومية المثلى لامتصاص ثاني أكسيد الكربون تنخفض من 17 درجة مئوية تحت الظروف الرطبة إلى 14 درجة مئوية بعد سبعة أسابيع من الجفاف (نوبل، 2002). ويختلف عدد الأيام اللازمة للوصول إلى نضج الحصاد التجاري حسب موعد الإزهار ودرجات الحرارة السائدة خلال فترة نمو الثمار، ولكن الوقت الحراري المقاس (DHC) من حيث ساعات درجة النمو من الازهار إلى الحصاد لا يتغير (40 - 43 × 103) (إنغليز وآخرون، 1999؛ ليغوري وآخرون، 2006). ولقد وجد نيرد ومزراحي (1995أ) أن الألواح المنفصلة والمعرّضة لدرجات حرارة شتوية منخفضة تكون أكثر إنتاجا لبراعم الثمار في الربيع التالي. وقد ظهرت نتائج مماثلة من خلال غوترمان (1995)، الذي فحص تأثير 18 مزيجاً بين الحرارة والضوء في الألواح المنفصلة، حيث وجد أن الألواح المنفصلة التي تنمو في الخارج تحت ثماني ساعات من الضوء و في درجات حرارة باردة تنتج ثماراً أكثر مما تنتجه تحت ثماني ساعات من الضوء وفي بيت زجاجي ساخن. ويشير نوبل وكاستانيدا (1998) إلى زيادة إنتاج الثمار على الألواح المنفصلة تحت 15/5 درجة مئوية مقارنة بالألواح المعرضة لـ 25/15 درجة مئوية (حرارة: نهار / ليل).

أظهر بوتجيتر وسميث (2006) وجود تأثير بيئي قوي على محصول الفاكهة، حيث حقق أعلى عائد للفواكه في مناطق جنوب أفريقيا ذات الصّيف الحارّ والشّتاء البارد. كما أشار إلى وجود تفاعل وراثي × بيئي، قوي ما يدل على التباين في ليونة الأنواع المستنبتة من حيث متطلبات درجة الحرارة لأفضل إنتاج للفاكهة. ومع ذلك، فإن الصبّار ينتج ثماراً في وادي كاتاماركا في شمال غرب الأرجنتين، وفي جزر الكناري، حيث لا يتجاوز تراكم وحدات البرودة الشتوية 100 وحدة؛ بل هو أيضا قادر على إعادة التدفق عدة مرات في نفس الموسم و بشكل طبيعي. وفي حالة شيلي أو كاليفورنيا، يتم تحفيزه اصطناعياً، وفي حالة إيطاليا وإسرائيل (إنغليز، 1995؛ ليغوري وآخرون، 2006). ويبدو أنه لا علاقة لهذا الإزهار غير الموسمي بمرحلة السّبات العميق؛ حيث يمكن أن تنتج فترة الراحة سباتا عميقا بدلا من الراحة الفعلية أو السّبات العميق. في O.ficus-indica، قد ينزع إنبات ثنتي للثمار أول دفق

ربيعي للزهور والألواح (إنغليز وآخرون، 2002 ب). تؤثر درجة الحرارة على قدرة النبات على إعادة الإزهار. وفي الواقع، تتأثر وبدرجة كبيرة استجابة النبات لإزالة الدفق الربيعي (SFP) بدرجات الحرارة السائدة في وقت الإزالة (باربيرا وآخرون، 1991؛ بروتسش وسكوت، 1991؛ نيدو وسبانو، 1992). ويتسبب ارتفاع درجات الحرارة (أكثر من 30/20 درجة مئوية نهار / ليل) في إنتاج الواح جديدة أكثر من الثمار، ومن ناحية أخرى قد لا تؤدي درجة الحرارة الأدنى (أقل من 20/15 درجة مئوية نهار / ليل)، إلى إعادة التبرعم.

الاستجابة للضوء

لا تنمو ثمار O.ficus-indica بوجه عام على الألواح المظلّلة (غارسيا دي كورتازار ونوبل، 1992)، ربما لأنه في مثل هذه الظروف لا يتوفّر بالألواح الوزن الجاف الكافي لدعم النمو التكاثري . ويصبح معدل التمثيل الضوئي الصافي للالواح سلبياً مقابل إجمالي الإشعاع الضوئي النشط اليومي بمعدل 5 مول م2- يوم1- ويصل إلى 90 في المائة من الحد الأقصى عند 20 مول في المتر المربع في اليوم (نوبل، 1988). ويؤثر التظليل على إحداث الإزهار، كما أوضح ذلك سيكالا وآخرون (1997) وديدا وآخرون (1992). وهناك نسبة 80 في المائة على الأقل من البراعم المزهرة تبدو مثبطة إذا تم حجب الضوء في الشهرين الأخيرين قبل الإزهار، وهو ما يشير إلى أن إيقاظ الإزهار يحدث بوقت قريب قبل إنبات البرعم. ولذلك فإن كثافة الضوء الكافية خلال فترة الراحة الشتوية تكون ضرورية للإزهار المنتظم. ويمنع تظليل لمدة خمسة أيام بعد إزالة الدفق الربيعي عودة الإزهار (باربيرا وآخرون، 1993أ).

كما يؤثر التظليل أيضا على جودة الثمار، وهذا يتوقف على مدى التظليل وتبادل السّكروز داخل الشّجرة. ولا يؤثر التظليل الشّامل للمصدر الرّئيسي للتّمثيل الضّوئي للثّمار لمدة 75-45 يوماً بعد الإزهار على وزن الثمار أو جودتها أو وقت نضجها. من ناحية أخرى، فإن فترة 15 يوماً تحت الظل خلال المراحل الأولى من نمو الثمار تؤثر بشكل كبير على وزن الثمرة، ولكن ليس على المحتوى الكلي للمواد الصلبة الذائبة أو ثبات الثمار ووقت نضجها. ولا تسترجع الثّمار حالة النّموّ القصوى حتى عندما لا تظلل اللّوحة المثمرة سوى لفترة قصيرة قبل الإزهار. وكما هو الحال مع الأشجار المثمرة الأخرى، مثل الخوخ والتفاح، يبدو أن حجم الثمار عند الحصاد مرتبط بمعدل نمو الفاكهة الذي يتحقق خلال المراحل المبكرة من نموها. وفي هذه المراحل، يصبح التزويد بنواتج عملية البناء الضوئي من طرف اللوحة المثمرة أمرا حاسما لدعم نمو الفاكهة، ربما بسبب الطلب التنافسي على المصارف النباتية والتكاثرية المتنوعة والتي توجد في مرحلة نمو نشط (إنغليز وآخرون، 1999). وهذا يتماشى مع حقيقة أن لعمليّة تخفيف الثمار أكثر فعالية في زيادة حجم الثمرة عند تطبيقها في موعد لا يتجاوز ثلاثة أسابيع بعد الإزهار (إنغليز وآخرون، 1995أ). وبما أن صافي التمثيل الغذائي للألواح المظللة الطويلة طفيف جداً، فإن نمو الثمرة في الألواح المظللة لفترات طويلة خلال فترة نمو الثمار يجب أن يعتمد على نقل واسع النطاق لنتائج البناء الضوئي من الفروع غير المظللة (إنغليز وآخرون، 1994ب؛ لوه ونوبل، 1993). هذا الحشد لكربوهيدرات التخزين يجعل نمو الثمار يعتمد جزئياً فقط على انخفاض كثافة تدفق فوتونات البناء الضوئي (PPFD) - أطوال موجية من 400-700 نانومتر - في موقع الظُّلة للثّمار. ويحدث نضج الثمار في الألواح المظللة في وقت متأخر عن تلك المعرضة للشّمس. ويعزز نمط توزيع كثافة تدفق الفوتون بالبناء الضوئي داخل الظلة التباين في نوعية الثمرة من حيث الحجم، وتكون الثمار الموجودة في الجزء السفلي من الظُّلة أصغر من تلك الموجودة في الأعلى. إن نضج الثمار يتنوع داخل النبات واللوحة المثمرة، وذلك، أساسا، بسبب دورة زمنية مختلفة لتشكيل البراعم المزهرة، والنمو والازدهار (باربيرا أند إنغليز، 1993). ويعزز نمط توزيع كثافة تدفق الفوتون بالبناء الضوئي داخل الظُّلة هذا التباين، لأن الظل يؤخر نضج الثمار وفقا لطول فترة التظليل.

مجمل القول، يمكن إعطاء تفسير جزئي للتباين واسع النطاق في جودة ووقت نضج الثمار الذي يحدث في الصبّار (باربيرا وإنغليز، 1993) بربطه بتوزيع كثافة تدفق الفوتون بالبناء الضوئي (PPFD) داخل الظُّلة.

بيولوجيا التكاثر

يتميّز إنتاج ثمار الصبّار O.ficus-indica بكونه متغيراً للغاية. وتفيد التقارير بخصوص إنتاج ثمار الصبّار أن الكمية المنتَجة والمتحققة تتراوح من 20 إلى 30 طنا للهكتار في إسرائيل وإيطاليا (باربيرا وإنغليز، 1993؛ نيرد ومزراحي، 1993)، و10 - 30 طنا للهكتار في جنوب أفريقيا (ويسلز، 1988أ؛ بروتسش وزيمرمان، 1993). ويعتمد التباين الواسع في الإنتاجية على تصميم البستان (المباعدة بين النباتات) والممارسات الزراعية والظروف البيئية وخصوبة الأنواع المستنبتة. وتبدأ النباتات في الإنتاج بعد سنتين أو ثلاث سنوات من الغرس؛ حيث تصل إلى أقصى إمكاناتها بعد ست إلى ثماني سنوات من الغرس وتبقى منتجة لمدة 30-25 سنة وحتى لمدة أطول، وهذا يتوقف على التقليم وإدارة البستان بوجه عام.

خصوبة اللّوحة

بالنسبة إلى الشجرة الناضجة، فإن معظم (80 - 90 في المائة) الألواح التي يبلغ عمرها سنة واحدة تحمل ثمارا تمثل 90 في المائة من الإنتاج السنوي. إلا أنه يوجد تباين واسع النّطاق في الخصوبة، وذلك حسب عمر النبات والظروف البيئية وحالة نموها. ويبلغ متوسط عدد الزهور التي تنتجها اللّوحة وحيدة السلامية ذات سنة واحدة من العمر 9-6 زهرات، وتصل إلى ذروة 35-30. وعادة ما تكون الألواح التي يبلغ عمرها سنتين مسؤولة عن التجديد الخضري، وهناك نسبة صغيرة منها (10 - 30في المائة) تنتج الثمار، ولكن بخصوبة منخفضة مقارنة بالألواح التي يبلغ عمرها سنة واحدة. ويختلف عدد الألواح المثمرة التي تظهر على النبات كل عام، حسب تباعد النباتات، ويتراوح هذا العدد بين 100 - 120 في كثافة 350 - 400 شجرة في الهكتار إلى عدد 20 - 30 في كثافة 000 1 - 200 1 شجرة في الهكتار. ينتج الصبّار O. ficus-indica (L.) Mill سنويا ثمارا جديدة وألواحا بمعامل 1:4 (باربيرا أند إنغليز، 1993). وترتبط خصوبة الألواح بكمية الوزن الجاف المتراكم لكل وحدة مساحة (غارسيا دي كورتازار ونوبل، 1992). وتصبح الألواح منتجة عندما يتجاوز وزنها الجاف التقديري (EDW) الحد الأدنى للوزن الجاف لمساحة معينة بمقدار 33 جراما على الأقل. وتصبح قيم الوزن الجاف التقديري إيجابية بعد 60 - 70 يوما من نمو الألواح، وفي

نوفمبر، تصل إلى 13.1 ± 2.4 غم و10.6 ± 1.2 غم، على التوالي، بالنسبة إلى الألواح الربيعية والألواح الناتجة عن الدفق الثاني للموسم السابق. تظهر البراعم الزهرية خلال الربيع (بيمينتا باريوس، 1990؛ غوترمان، 1995؛ نيرد أند مزراهي، 1995 a). وقد تكون الدورية الضوئية و / أو درجات الحرارة الشتوية المنخفضة إشارة بيئية لبدء مثل هذا التبرعم. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤثر المغذيات أيضا على بدء التبرعم، لأن التسميد بالنيتروجين (باستخدام نترات الأمونيوم) يمكن أن يزيد من عدد البراعم الزهرية لكل نبات (نيرد وآخرون، 1993 أ). تظهر معظم الزهور على الألواح الطرفية التي يبلغ عمرها سنة واحدة، وكذلك على الألواح الجديدة التي غالباً ما تنبت في سنتين أو حتى على الألواح الأقدم. (إنغليز وآخرون، 1994 أ). وتظهر البراعم الخضرية والتناسلية بشكل متزامن في الربيع أو في أوائل الصيف عندما يتم إزالة الدفق الربيعي لتحفيز إعادة الإزهار (باربيرا وآخرون، 1991). تنمو الزهور بوجه عام من الهالات المنسقة على طول تاج اللّوحة، ولكن إنتاج الزهور من الهالات الواقعة على الوجه المسطح والمتعرض لأشعة الشمس ليس نادر الحدوث. ويمكن للّوحة أن تنتج 40-35 زهرة؛ خلال الإزهار الوافر في ظروف النتح التبخري العالي الاحتمال، حيث يمكن لكل زهرة أن تفقد ≥ 3 غم من الماء في اليوم، أي ما يعادل 15 في المائة من وزنها في لحظة التفتح (دي لا باربرا ونوبل، 2004).

بيولوجيا الأزهار

تنمو براعم الزهور بسرعة، بدءاً من المرستيم المغطى بالترخوم متعدد الخلايا فوق ندبة السويقة (نيدو وسبانو، 1992). عندما يصل البرعم الزهري إلى طول 0.5 سم (ويسلز وسوارت، 1990) يصبح المتاع (أو الوزيم) والطلع مرئيان في الداخل. أما المبيض، السفلي وأحادي التجويف، يكون عديد الكرابل (6 - 12 من الكرابل، عادة تنمو ثمانية منها معاً في القاعدة وتنفصل في المنطقة الميسمية (نيدو وسبانو، 1992). وتفرق السداة بين اثنين من المتك ذات كيسين من حبوب اللقاح لكل منهما؛ ويحدث تفتح آخر قبل الإزهار العادي (نيدو وسبانو، 1992)، وتتخذ حبوب اللقاح شكلا كرويا لا قطبي اشعاعي متناظر ذات سطح شبكي متعدد ومشبع الثقوب، ومحيط دائري متعدد الأضلاع (ستة إلى ثمانية جوانب) (البيهي وآخرون، 2015).

وأفاد أغيلارو شافيز (1995) أن حمض هرمون الجبرليك (AG) يعزز نمو البراعم الزهرية وان أندول حمض بيوتايريك (AIB) يحفز الإنبات الخضري. وفي المناطق شبه الاستوائية، تبدأ البراعم الزهرية في صبّار عندما يتجاوز متوسط الحرارة الشّهرية 16 درجة مئوية - في مارس/آذار أو أبريل/نيسان في نصف الكرة الشمالي، وفي سبتمبر/أيلول أو أكتوبر/تشرين الأول في نصف الكرة الجنوبي (نيرد ومزراحي، 1995). وتتراوح فترة إنتاج البراعم الزهرية بين ثلاثة وخمسة أسابيع (ريس أغيرو وآخرون، 2006). إن النمو الزهري من البرعم حتى التفتح يتطلب 21 - 47 يوماً، ولكن قد تطول هذه المدة حتى 75 يوماً (ويسلز وسوارت، 1990). وبشكل عام، في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، يحدث التفتح بين مايو/أياروبوليو/تموز ، وفي نصف الكرة الجنوبي، بين فبراير/شباط وأغسطس/آب (ريس أغيرو وآخرون، 2006). إن الزهور في معظمها خنثية. إن التلقيح التلقائي والتهجيني على حد سواء يحدثان في O.ficus-indica (نيرد و مزراحي، 1995 أ). وهناك انواع مختلفة من النحل تزور أزهار صبّار Opuntia أثناء التلقيح.

في كثير من الأحيان، يحدث التكاثر العذري في جنس Opuntia (بيمينتا باريوس، 1990؛ موندراغون و بيمينتا باريوس، 1995). وقد حصل جيل وإسبينوزا (1980) على ثمار عذرية التكوين ذات حجم طبيعي تحتوي على بذور فارغة وذلك من أزهار مخصبة معالجة بالجبريالين جبريلين والأوكسين قبل التفتح، ولكن بالنسبة لبعض مستنسخات Opuntia، فإن التلقيح ليس ضروريا للحصول على ثمار الصبار بدون بذور. بل إن فايس وآخرون (1993 ب) أفادوا حدوث التكاثر البكري الخضري في بعض نسائل Opuntia ficus-indica (L.) Mill.

وفي دراسة للبيهي وآخرون (2015) حول نوع مستنبت بدون بذور «بيانكا» ذو أصول وراثية صقلية، افترضوا أن لغياب البذور اساس أن يقوم على ظاهرة التوقف الجزئي للنمو) (Partial Stenospermocarpy ، كما ورد عن العنب والحمضيات (فاردي وآخرون، 2008). تتميز ثمرة جنس Opuntia بكونها أُحادية التجويف ومتعددة الإمناء. في نوع O.ficus-indica، تحتوي القشرة الخضراء غير الناضجة على ثغور عاملة ونشاط للتمثيل الضوئي، مما يساهم بنسبة ثمانية وعشرة في المائة في نمو الثمرة (إنغليز وآخرون، 1994ب). ودائماً ما تحتوي هالات الثمار على أوبار شوكية وقد تحتوي على أشواك وشعيرات أو شعر، التي قد تستمر من مرحلة الإزهار (برافو، 1978).

يحدث نمو البذور ونضجها بعد انقضاء 30 - 70 يوماً على التفتح؛ وتكون البذور صغيرة وبيضوية أو على شكل عدسات (برافو، 1978). وفي الأنواع المستنبتة الإيطالية O.ficus-indica يبلغ متوسط عدد البذور 273 بذرة لكل ثمرة، منها 146 بذرة طبيعية و 127 بذرة عقيمة (باربيرا وآخرون، 1991)؛ أما الأنواع المستنبتة الإسرائيلية فيصل متوسط بذورها إلى 268 بذرة طبيعية لكل ثمرة (140 - 430) (نيرد ومزراحي، 1995 أ)، ويبلغ المتوسط في الأنواع المستنبتة المكسيكية 203 بذرة طبيعية لكل ثمرة (10 - 448) (ريس أغيرو وآخرون ،2006).

نموّ الثّمار

تتبع الثمار في نموها نمطاً سينياً مزدوجاً من حيث الوزن الرطب؛ فهناك وزن ارتفاع واضح في الوزن الجاف للقشرة خلال المرحلة الأولى، وللبذور خلال المرحلة الثانية، وللبّ خلال المرحلة الثالثة من فترة نمو الثمرة (FDP) (باربيرا وآخرون.، 1992 ب؛ نيرد ومزراحي، 1997). وينطوي نمو الثمار الألواح الوليدة على انتقال كبير للكربوهيدرات المخزنة في الألواح القاعديّة (لوه ونوبل، 1993؛ إنغليز وآخرون، 1994ب). في الواقع، عندما تنمو أكثر من خمس ثمار على اللوحة المثمرة، يحدث جلب واسع النطاق للجزئيات المغذية الناتجة عن البناء، وذلك خاصة خلال المرحلة الثالثة من نمو الثمار (إنغليز وآخرون، 1994 ب).

أجرى إنغليز وآخرون (1994ب) ولويو ونوبل (1993) دراسة علاقة المنبع بالمصب في الأشجار المثمرة الناضجة فوجدوا تدفقًا هائلًا لمستخرجات البناء الغذائي الكربونية بين الألواح ذات الأعمار المختلفة. وتتنافس الألواح اليانعة مع الثمار كما تشير إلى ذلك القيمة الأعلى لمعدل النمو المطلق (AGR).

إلا أنها تصبح مصدرا للكربوهيدرات في مرحلة مبكرة من نموها (لواه ونوبل، 1993)، وهو الوقت الذي يتزامن مع نمو الزهور أو المرحلة الأولى جداً من فترة نمو الثمرة. تتغير القوة النسبية للمصب بحسب مراحل النمو الموسمي للثمرة والألواح (إنغليز وآخرون.، 1999). وتصبح الثمار هي المصب الرئيسي خلال المرحلة الثالثة كما يشير إلى ذلك الانخفاض الحاد لمعدل النمو المطلق للّوحة في تلك المرحلة.

وقد تكون المنافسة بين نمو الثمار واللوحة، فضلاً عن انخفاض عدد الألواح الجديدة بعد إزالة الدفق الربيعي، مصدرا لسلوك معاومة الإزهار عند النبات، وهو الذي يتغير أيضا حسب النمط الوراثي (إنغليز وآخرون، 2002ب). ويعتمد سلوك التحمل عند الصبّار على انخفاض عدد الألواح الخصبة بعد النشاط الخضري المحدود في العام السابق. ويزداد استقرار عدد الأزهار لكل لوحة مخصّبة من سنة إلى أخرى؛ إذ يختلف حسب عمر الألواح ويبلغ ذروته بالنسبة للألواح التي يبلغ عمرها سنة واحدة. ويتفاوت حجم الثمرة بين الأشجار ويعتمد على عوامل مثل هيكل النبات وإنتاج المحاصيل لكل نبات ولكل لوحة.

حصاد خارج الموسم

إن أقوى أداة لتحقيق موسم تسويقي أطول للثمار هي قدرة الألواح على إعادة الإزهار عدّة مرات في نفس الموسم، إمّا بشكل طبيعي أو بعد تطبيق الممارسات التحفيزية (نيرد ومزراحي، 1997). ويحدث الإزهار المزدوج بشكل طبيعي في منطقة ساليناس في كاليفورنيا، حيث يتم حصاد الفواكه من سبتمبر/ أيلول إلى مارس/ آذار (إنغليز، 1995)، وفي المنطقة الوسطى في تشيلي، حيث يستمر موسم الحصاد من فبراير/ شباط إلى أبريل/ نيسان ومن يوليو/ تموز إلى سبتمبر/ أيلول (سودزوكي هيلز وآخرون، 1993). في إيطاليا، يحدث الإزهار الثاني نتيجة لإزالة الدفق الربيعي بشكل كامل للزهور والألواح. وتحدث إزالة الدفق الربيعي عند حدوث الإزهار الرئيسي، بين نهاية شهر مايو/ أيار والأسبوع الأخير من يونيو/ حزيران في نصف الكرة الشمالي، وفي أكتوبر/ تشرين الأول في نصف الكرة الجنوبي (إنغليز، 1995). تنمو البراعم الزهرية الجديدة على الألواح المخصّبة خلال الدفق الطبيعي، ويعد مؤشر إعادة الإزهار- الذي يمثل نسبة الأزهار الثانية لأزهار الدفق الأول - أعلى بالنسبة للألواح المخصبة طبيعية وذات خمس وعشر زهرات، ويتناقص بشكل حاد مع كل زهرة إضافية تنمو خلال التدفق الأول. ويؤثر وقت الإزالة على معدل إعادة إزهار اللّوحة (باربيرا وآخرون، 1991؛ بروتسش وسكوت، 1991). فعلى سبيل المثال، تؤدي إزالة الأزهار في مرحلة ما قبل الإزهار إلى أعلى معدل إعادة الإزهار، في حين أن إزالة الدفق الربيعي بعد تساقط البتلات يقلل من إعادة الإزهار بنسبة تصل إلى 70-50 في المائة (باربيرا وآخرون، 1991؛ إنغليز وآخرون، 1998). إن هذا الانخفاض في إعادة الإزهار، والذي يحدث عندما تتم إزالة الزهور في فترة الإزهار الكامل أو بعد تساقط البتلات، يرتبط بتأثير مثبط على بدء البرعم الزهري (باربيرا وآخرون، 1993a)، وذلك لنشر الحمض الجبريليك الذي تبثه الزهور نحو اللوحة الأم (إنغليز وآخرون، 1998). وقد أوضح باربيرا وآخرون (1993أ) أن حمض الجبريليك الذي يتم تطبيقه خلال ستة أيام بعد إزالة الدفق الربيعي يثبط إعادة الإزهار تماما، وهي إشارة إلى أن البرعم الزهري، المحفز خلال الدفق الربيعي السابق، لا يزال قابلا للعكس في تلك المرحلة. كما أن الألواح النامية في الموسم الحالي تثبط إعادة الإزهار إذا لم تتم إزالتها بالكامل (إنغليز وآخرون، 1994 أ). وتتميز الثمار لما قبل التفتح بأنها ذات فترة نمو أقصر، وتنضج بفترة 15 - 20 يوماً قبل ثمار الإزهار الكامل و30 - 40 يوماً قبل ثمار ما بعد الإزهار.

ويعتمد معدل إعادة الإزهار أيضا على الظروف البيئية السائدة في وقت الإزالة (خاصة محتوى مياه التربة ودرجة حرارة الهواء). والواقع أن مدى إعادة الإزهار يختلف كثيراً من سنة إلى أخرى، ويعتمد على الموقع الجغرافي للبستان (باربيرا وآخرون، 1991؛ بروتسش وسكوت، 1991؛ نيدووسبانو، 1992). إن ارتفاع درجات الحرارة خلال بدء التّبرعم يحفز النشاط الخضري بدلاً من التكاثري، ما يؤدّي إلى انخفاض معدل إعادة الإزهار. وقد وضع ليجوري وآخرون (2006) استراتيجية تقوم على قدرات النبات على إعادة الإزهار حتى بعد الإزالة المزدوجة للدفق الربيعي: الأولى في أوائل يونيو/ حزيران مع إزالة الدفق الربيعي، والثانية في أواخر يونيو/ حزيران مع إزالة الدفق المحفز الثاني. إن معدل إعادة الإزهار الثانية هذه (الدفق الثالث) غير متساو ، إذ يتراوح بين 25 إلى 40 في المائة. ويزهر النبات خلال الأيام العشرة الأولى من أغسطس/ آب وتنضج الثمار من ديسمبر/ كانون الأول إلى مارس/ آذار حسب الظروف البيئية. ويزداد طول فترة نمو الفاكهة من 100 - 120 يوماً إلى 160 - 190 يوماً بالنسبة للمحصول الشتوي غير الموسمي، وهذا بسبب مرحلة ثالثة أطول من نمو الفاكهة التي تتزامن مع تدني درجات حرارة عن القيم المثلى لنمو الفاكهة (الشكل 3). ومع ذلك، فإن درجات الحرارة في فصل الشتاء تمنع نمو الفاكهة ونضجها؛ ولذلك فمن الضّروري تغطية النباتات بخيم بلاستيكية لخلق الظروف المناسبة لتحقيق النمو الطبيعي. ويحدث إنتاج الفاكهة الشّتويّة على الأرض الزراعية في إسرائيل (نيرد وآخرون، 1993a). وفي هذه الحالة، يتبع المحصول الثاني المحصول الرئيسي ويحدث على الألواح للعام الحالي والتي بدأ نموها منذ مايو/ أيار. وبعد الحصاد الأول، يحدث الإزهار الثاني من خلال الريّ والتسميد الأزوتي واسع النطاق. ويحدث الإزهار الثاني في سبتمبر/ أيلول – أكتوبر/ تشرين الأول وتنمو الفاكهة من يناير/ كانون الثاني إلى مارس/ آذار. ويكون للثمار حجم منتظم مقابل نسبة مئوية منخفضة من اللب (55-50 في المائة).

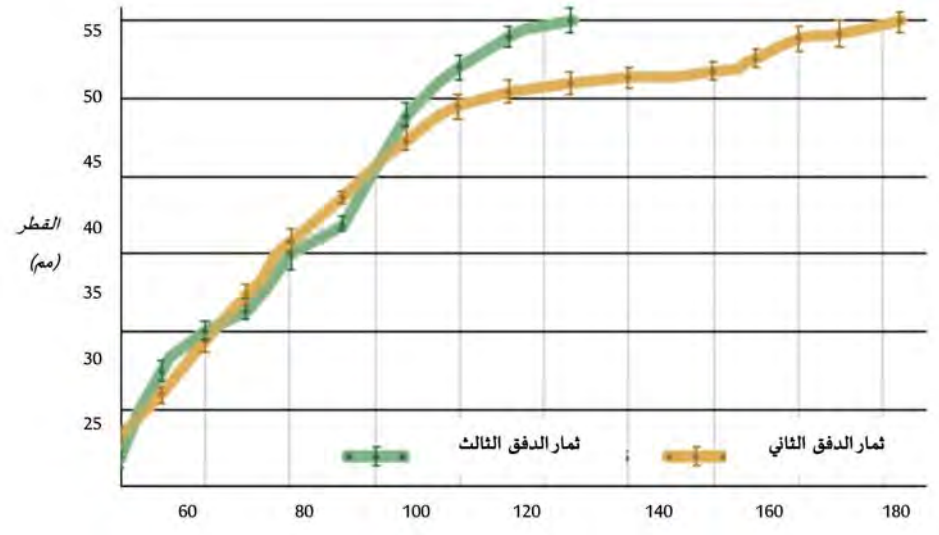
إنتاجية الكتلة الحيوية

إن الكثافة الزراعية المرتفعة تؤدّي حتما إلى تراكم شديد جداً للمادة الجافة في النمو الخضري، ولكنها تؤثر تأثيراً عميقاً على تخصيص الموارد للثمار (غارسيا دي كورتازار ونوبل 1992). وقد يكون لنوع O.ficus-indica إنتاجية سنوية للمادة الجافة، تتجاوز تقريباً إنتاجية كل الأنواع ثلاثية الكربون (C3) ورباعية الكربون (C4). فعلى سبيل المثال، تم تسجيل إنتاجية تبلغ 47 طناً من الوزن الجاف، هكتار في السنة من الألواح (99 في المائة) والثمار (واحد في المائة)، وذلك زراعة ذات كثافة عالية (24 نبتة لكل متر مربع)، في حين أن إنتاجية 15 طن، للهكتار ، تم قياسها بالنسبة إلى كثافة أقل (0.24 نبتة لكل متر مربع)، وهو ما أدى إلى انخفاض النمو الخضري مقابل

النمو الإكثاري، مع حصاد مبكر للثمارو تناوب نشاط لإثمار (غارسيا دي كورتازارونوبل، 1992). كما قام أسيفيدو وآخرون (1983) بقياس إنتاج اللّوحة فسجلوا 1 كغم للمتر المربع في السنة مادة جافة و 0.3 كغم م$^{-2}$ سنة$^{-1}$. من الثمار. ومؤخراً، أفاد بينوس رودريجيز وآخرون (2010) عن إنتاج كتلة جافة قدرها 1.39 كغم للمتر المربع من على نوع O.ficus-indica مغروسة لإنتاج كتلة حيوية رطبة كعلف للماشية. وسجّل أنغليز وآخرون (2012) - في مزارع تجارية لإنتاج الفاكهة وبكثافة نباتية أقل بكثير (333 شجرة لكل هكتار) – على قيم مشابهة جداً لتلك التي سجّلها نوبل (1988)، ولكن بإجمالي كتلة حيوية ووزن تجاري للثمرة أقل بكثير (1.2 كغم للمتر المربع من مساحة الأرض، مع الأخذ في الاعتبار الدفعة الأولى والثانية للثمار والألواح). وبحلول نهاية الموسم الأول من النمو، تغطي الألواح المزروعة في السنة الحالية مساحته النهائية تقريباً، لكنها تصل فقط إلى 65 في المائة من الوزن الجاف للألواح التي يبلغ عمرها سنة واحدة. وخلال السنة الثانية من النمو، تظهر زيادة طفيفة من حيث المساحة ، ولكن بتراكم كبير للوزن الجاف (+ 30 في المائة). بعد ذلك، تنمو الألواح فقط من حيث المساحة ، ولكن تستمر في زيادة الوزن الجاف. ويكون الوزن الجاف النوعي المرتفع للألواح ذات الحوامل الخشبية ضعف ذات الوزن في الألواح التي يبلغ عمرها سنة واحدة. وقد يبلغ معدل النمو المطلق للألواح والثمار 0.12 يوماً و0.16 يوماً، على التوالي.

لم تجر دراسة مكوّن الثمرة (مؤشر الحصاد: HI) بشكل منهجي في الصبّار .O ficus-indica. وقد أظهر غارسيا دي كورتازارونوبل (1992) أن الاختلافات السنوية لتوزيع المادة الجافة على اللوحة مقابل الثمرة تعتمد أيضا على كثافة الغرس. وقد صاحب الزيادة في المادة الجافة المخصصة للثمرة انخفاض في عدد الألواح وتراكم الوزن الجاف.

إن اعتراض الضوء وامتصاص ثاني أكسيد الكربون وإنتاجية النبات تعتمد على بنية الظُّلة ومؤشر المساحة الجذعية (SAI) لكل مساحة أرضية مع مراعاة جانبي اللوحة لمؤشر المساحة الجذعية، ويعتبر مؤشر مساحة الجذع (SAI) هو معادل مؤشر المساحة الورقية (LAI) (نوبيل، 1988). وعلى الرغم من أهميتها، إلا أن قيم مؤشر المساحة الجذعية في بساتين O.ficus-indica تمت دراستها بشكل محدود. وقد تم قياس قيم مؤشر المساحة الجذعية 6.5 - 8.5، مع اعتبار جميع الألواح في الظُّلة والمساحة المغطاة بظُلة الشجرة. ذلك بالإضافة إلى التنبؤ بأقصى قدر من الإنتاجية (2 كغم من المادة الجافة لكل م$^{-2}$ مساحة أرضية في السنة $^{-1}$) لمؤشر المساحة الجذعية = 4 - 6؛ أما بالنسبة إلى مؤشر المساحة الجذعية الذي يقل عن ثلاثة، مع كثافة 20 ألف وستة آلاف نبتة بالهكتار الواحد، فيكون إجمالي صافي امتصاص ثاني أكسيد الكربون علاقة خطية تقريباً مع مؤشر المساحة الجذعية (نوبل، 1988). تلك الحسابات تتضمن جميع الألواح؛ ومن دون الأخذ بعين الاعتبار أن مساهمة اللوحة المنفردة في امتصاص ثاني أكسيد الكربون يتغير مع عمر اللوحة (نوبل، 1988)، كما لا تراعي أيضاً أن التعريف الأمثل لمؤشر المساحة الجذعية يجب أن يشمل جودة الثمرة التي تعتمد أيضا على اعتراض الإشعاع المنشط بالتمثيل الضوئي (PAR) من خلال الألواح الأمّ (إنغليز وآخرون، 1999). على سبيل المثال، تمثل مكوّنات الظُّلة النشطة في البناء الضوئي في بستان تجاري لإنتاج الفاكهة بكثافة 420 شجرة هكتار1- (ليغوري وآخرون، 2013أ) نسبة 60 في المائة من سطح الظلة، ويكون مؤشر المساحة الجذعية للبستان = 2.6 ومؤشر المساحة الجذعية للشجرة = -4.0: أي قيم أقل بكثير من تلك التي سجّلها نوبل (1988). في هذه الظروف، كان مؤشر الحصاد حوالي 29 في المائة، مع احتساب كل من الدفعة الأولى والثانية، أو 26 في المائة إذا روعي فقط النمو الإكثاري والخضري للدفعة الثانية. ويكون التعرض لـ40 في المائة من الإشعاع الشمسي في الألواح وحيدة السلامية ذات البناء الضوئي الأقل كفاءةً وكذلك في الحامل المتخشب. ويظهر مخزون الكربون في مكوّنات الظلة والجذور أن النبات الناضج يمكن أن يحتوي على ما بين تسع وعشر ثمرات للمتر المربع من مساحة سطح اللوحة (اللوحة اللسنة الحالية إلى التي يبلغ عمرها سنتين)، وهو ما يعني 1.1 - 1.4 كغم من الثمرات للمتر المربع الواحد. ويمكن أن يراكم بستان تجاري لإنتاج الفاكهة 7.5 طن من المادة الجافة هكتار في السنة، أي ما يعادل 3.4 طن من الكربون هكتار مخزنة في مكونات الظلّة (بما في ذلك الثمار). وهذه القيم مماثلة لتلك التي وردت في البساتين النفضية (مثل الخوخ) والبساتين الدائمة الإخضرار (مثل البرتقال) (تاليافيني وآخرون، 2008).



الشكل 3
منحني النمو التراكمي لثمار .O ficus-indica cv. "Gialla" الناتجة من دفق الإزهار الثاني والثالث

الجدول 1: مسارات التركيز التمثيلية المدرجة في نماذج تغير المناخ العالمية

مسار التركيز التمثيلي	السيناريو السابق المعادل الصادر عن اللجنة الدولية للتغيرات المناخية	انبعاثات الغازات الدفيئة	سنة 2100 (معادل ثاني أكسيد الكربون) (جزء في المليون)	التأثير الإشعاعي بالنسبة إلى 1750 ($W m^{-2}$)	زيادة درجة الحرارة (درجة مئوية)
مسار التركيز التمثيلي 4.5	B1	تخفيف صارم	480 - 430	2.6	1.5 >
مسار التركيز التمثيلي 6.0	B2	متوسط	720 - 580	4.6	3 - 2
مسار التركيز التمثيلي 2.6	لا ينطبق	متوسط	1 000 - 720	6.0	4 - 3
مسار التركيز التمثيلي 8.5	A2 /A1FI	كبيرة جدا	أكثر من ألف	8.5	4 <

المصدر: اللجنة الدولية للتغيرات المناخية (2014).

الاستجابات المحتملة لتغيّر المناخ

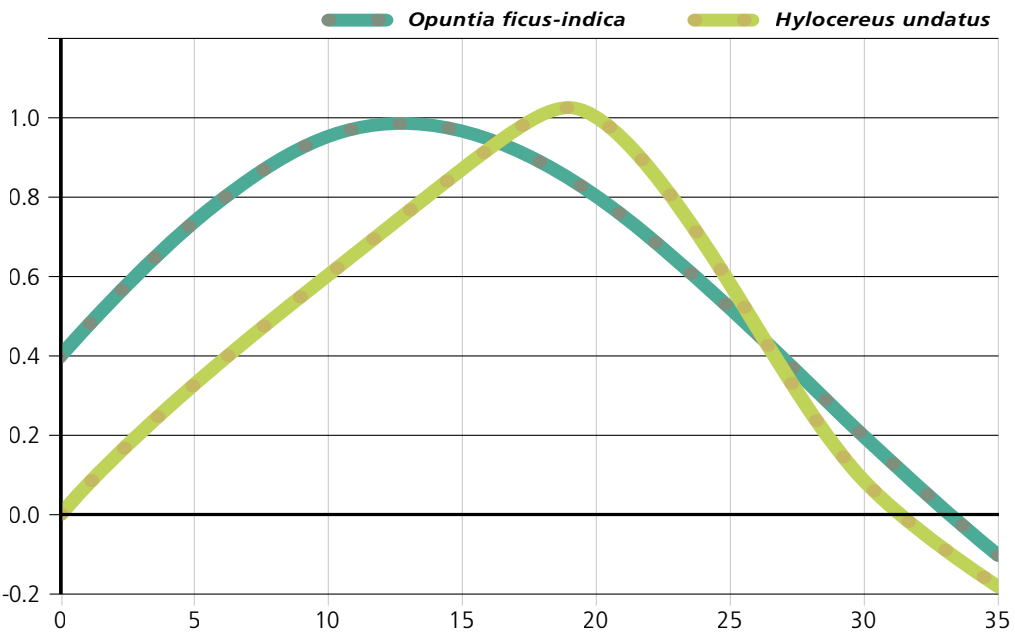
إن أنشطة الزراعة والآليات الصناعة التي تعتمد على الوقود تطلق الغازات الدفيئة، ولا سيما ثاني أكسيد الكربون. فخلال 150 عاماً فقط، ارتفع تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بسرعة، من المستوى ما قبل الصناعة أي 280 جزء في المليون، الى المستوى الحالي والبالغ 400 جزء في المليون (اللجنة الدولية للتغيرات المناخية، 2014). في المقابل، تؤدي زيادة ثاني أكسيد الكربون إلى ارتفاع معدلات البناء الضوئي نتيجة لتدرج التركيز بشكل أكثر حدة بين الغلاف الجوي ومواقع تفاعل الكرسلة (تكوين للمجموعة الكربوكسيلية) في الأنسجة النباتية. كما أنه بالنظر إلى أن الضغط الجزئي العالي يؤدي إلى انخفاض «الطلب» على الكربون من الأوراق، فقد لوحظ انخفاض في انشاط الثغرات للنباتات المعرضة لتركيز مرتفع لثاني أكسيد الكربون (سميث وآخرون، 2009). وعلى الرغم من توفرها على آلية متأصلة لتركيز ثاني أكسيد الكربون، والتي قد تجعل نباتات الأيض الحمضي العصاري غير متأثرة بتركيزات هذا الغاز في الغلاف الجوي، فإنّه قد لوحظ تأثير تسميدي فعلي. وهكذا الحال في O.ficus-indica المعرض إلى ثاني أكسيد الكربون بتركيز مضاعف، سواء في غرف متحكم في بيئتها أو في النباتات ذات الجذور والمحفوظة في غرف مكشوفة. وعلى وجه الخصوص، تزداد الكتلة الجافة التي تُراكمها النباتات نسبة 40-20 في المائة حين يضاعف تركيز ثاني أكسيد الكربون ج، مقارنة بتركيز 350 جزء في المليون (نوبل وغارسيا دي كورتازار، 1991؛ نوبل وإسرائيل، 1994). وبالإضافة إلى ذلك، يتعزز نمو النبات بتسميد الكربون. فعلى سبيل المثال، لوحظ تضاعف إنتاج الألواح البنات من الدرجة الثانية بعد ثلاثة أشهر من تعريض اللوحة الناضجة لتركيز عال من ثاني أكسيد الكربون (نوبل وإسرائيل، 1994). كما أن استطالة الجذر قد تزداد بنسبة 25 في المائة تحت تركيز مرتفع لثاني أكسيد الكربون، وذلك في ظروف مثالية لدرجات الحرارة الجوية التي تبلغ في المتوسط 30 درجة مئوية (درنان ونوبل، 1998). ويمكن أن تكون تأثيرات التسميد هذه ناتجة عن استجابات تشريحية لـ O.ficus-indica، مثل الكلورنشيما التي تكون أكثر سماكة بنسبة 31 في المائة تحت ظروف تركيز لثاني أكسيد الكربون مضاعف مما في التركيزات المحيطة، على الرغم من انخفاض تواتر الثغور لنسبة 20 في المائة وزيادة سماكة بنسبة 30 في المائة في سماكة البشرة الأكثر غنىً بالطبقات الشمعية (نورث وآخرون، 1995). وقد لوحظ أيضاً تأثير الإخصاب الناتج عن التعرض لثاني أكسيد الكربون المرتفع بالنسبة إلى أنواع أخرى من الصبّار (على سبيل المثال، النوع نصف الهوائي: Hylocereus undatus).

وبالنسبة إلى هذا المحصول الاستوائي، الذي يزرع في أكثر من 20 بلدا، فإن معدلات البناء الضوئي تزيد بنسبة 34 في المائة تحت تركيز مضاعف لثاني أكسيد الكربون (رافيه وآخرون، 1995؛ نوبل ودي لا باربرا، 2004). ومع ذلك، فإن تركيزات عالية لثاني أكسيد الكربون قد تؤدي أيضا إلى انخفاض معدلات التنفس، وانخفاض النشاط الأقصى من انزيم سيتوكروم سي أوكسيداز، وانخفاض أعداد (الميتوكوندريا) لأفراد من نوع O.ficus-indica (غوميز كاسانوفاس وآخرون، 2007). وهكذا، في حين أن زيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون يمكن أن تحسن إنتاجية النباتات، فقد لا يكون ذلك صحيحاً إلا في حدود مستويات معينة عندما يبدأ أيض النبات في الانخفاض.

بالإضافة إلى التأثيرات المباشرة على وظائف وتشريح النبات، فمن المرجح أن تؤثر تركيزات الغازات الدفيئة المرتفعة على إنتاجية النباتات عن طريق تغيير جوهري لمناخ الكوكب. وفي هذا الصدد، هناك أربعة

صافي عمليات امتصاص ثاني أكسيد الكربون اليومية لكل وحد منطقة جذعية

(الجزء من الحد الأقصى)



الشكل 4
استجابات مجموع صافي امتصاص ثاني أكسيد الكربون اليومي في محاصيل Opuntia ficus-indica و Hylocereus undatus لمتوسط درجات حرارة الجو الليلية المستخدمة بتصريح من جمعية النبات في كاليفورنيا (نوبل وآخرون، 2002).

سيناريوهات لانبعاث الغازات الدفيئة اقترحتها اللجنة الدولية للتغيرات المناخية، حيث تقود هذه السيناريوهات إلى عواقب مختلفة على المناخ خلال هذا القرن (الجدول 2). وتنظر هذه المسارات المعروفة باسم «مسارات التركيز التمثيلية» إلى سيناريوهات تؤدي إلى زيادة معينة في التأثير الإشعاعي بالنسبة إلى تلك السيناريوهات التي تعود إلى عام 1750 وتختلف عن سيناريوهات الانبعاثات السابقة (A1 و B1 و A2 و B2)، من حيث إنها تنظر صراحةً في السياسات البيئية والتنموية الدولية (اللجنة الدولية للتغيرات المناخية، 2014).

يعد مسار التركيز التمثيلي 2.6 هو السيناريو الأكثر تفاؤلا. ومع غياب أي معادل سابق اعتبرته اللجنة الدولية للتغيرات المناخية، يعتمد مسار التركيز التمثيلي 2.6 على سياسات التخفيف الصارمة التي من شأنها أن تؤدي إلى إزالة صافية للغازات الدفيئة من الغلاف الجوي، وكذلك يمكن أن تؤدي إلى تغير درجة الحرارة العامة بزيادة قدرها درجتان مئويتان بالمقارنة مع مناخ ما قبل الثورة الصناعية.

• يعتبر المساران 4.5 و6.0 سيناريوهين متوسطين ومقبولين للانبعاثات. فقد كانت السيناريوهات السابقة المعادلة لها في نظر اللجنة الدولية للتغيرات المناخية تدخل ضمن عائلة «ب»، وهي تعتبر اعتماد التكنولوجيا الخضراء مع ما يترتب على ذلك من تقليل الاعتماد على الوقود الحفري، ولو مع اختلاف درجة التعاون الدولي.

• يعتبر مسار التركيز التمثيلي 8.5 هو السيناريو الأقصى، والذي يفترض أنه، على الرغم من أهداف خفض انبعاثات الغازات الدفيئة والاتفاقات الدولية، فإن العالم سيستمر في الإعتماد الى حد كبير على الوقود.

ويتوقف مدى التغير البيئي الذي يحدث خلال هذا القرن على الامتثال لأهداف خفض انبعاثات الغازات الدفيئة التي وافقت عليها معظم البلدان في عام 2015، بما في ذلك المساهمان الرئيسيان (الولايات المتحدة الأمريكية والصّين).

ومن المرجح أن يضر هذا التغير الوشيك في المناخ بالإنتاجية الزراعية العالمية (مونتيروسو ريفاس وآخرون، 2011؛ لوبيل وغوردي، 2012؛ اللجنة الدولية للتغيرات المناخية، 2014؛ أوفال ريفيرا وآخرون، 2015). ومع ذلك، بالنسبة إلى بعض نباتات الأيض الحمضي العصاري المزروعة، يمكن للظروف البيئية الجديدة أن تؤدّي إلى زيادة المساحة المناسبة لزراعتها (غارسيا مويا وآخرون، 2010؛ لوبيل وغودجي، 2012). وبطبيعة الحال، فإن التّأقلم الرئيسي لنباتات الأيض الحمضي العصاري في بيئة أكثر دفئا، وأكثر

جفافا في غالب الأحيان، يتمثل في أن تبادل الغازات يحدث خلال الليل عندما تكون درجة الحرارة الجوية أقل. كما أن إنتاجية نباتات الأيض الحمضي العصاري تكون في الغالب محكمة بدرجات الحرارة الجوية الليلية (عند حدوث تبادل الغازات)، بدلا من درجات الحرارة النهارية (عندما تكون الثغور مغلقة) (أندريد وآخرون، 2007). في معظم الحالات، يتراوح متوسط درجة الحرارة الليلية التي تؤدي إلى أقصى امتصاص نباتات الأيض الحمضي العصاري لثاني أكسيد الكربون من 10 إلى 20 درجة مئويّة (نوبل، 1988). وهكذا، طالما أن درجة الحرارة الجوية الليلية مناسبة، يمكن أن يحدث امتصاص ثاني أكسيد الكربون بشكل كبير حتى في ظل ارتفاع درجات الحرارة النهارية. بل إنه مع اعتبار الزيادة المتوقعة في الإنتاجية المحتملة لمختلف أنواع نبات الأغاف في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في النصف الغربي للكرة الأرضية، فقد تم اقتراح زراعة هذه النباتات لحجز الكربون، والحدّ من انجراف التربة، وإنتاج الكتلة الحيويّة لاستخدامها في إنتاج الوقود الحيوي (غارسيا مويا وآخرون، 2010).

وبالمثل، قد تكون درجة الحرارة الجوية المرتفعة نافعة كذلك للصبّار المزروع. وعلى سبيل المثال، فإذا كان متوسط درجة الحرارة الجويّة الليلية الذي يؤدي إلى أقصى تبادل للغازات من خلال الصبّار O.ficus-indica يبلغ حوالي 12 درجة مئوية، فإن هذا النبات قادر على تحقيق أداء كاف في ظل مجموعة واسعة من الظروف؛ بل إنه يمكن تحقيق ما لا يقل عن 80 في المائة من الحد الأقصى لامتصاص ثاني أكسيد الكربون بين ست درجات و20 درجة مئويّة (الشكل 4؛ نوبل، 1988؛ نوبل وآخرون، 2002). ولكن الحالة في Hylocereus undatus مختلفة قليلا. وبالنسبة إلى هذا المحصول الاستوائي، فإن ارتفاع درجة الحرارة الجوية سيؤدي إلى زيادة المساحات الزراعية المحتملة، حيث إن درجة الحرارة المثلى لامتصاص ثاني أكسيد الكربون تبلغ حوالي 20 درجة مئوية (الشكل 4؛ نوبل وآخرون، 2002). إلا أنه بالنسبة لهذا النبات، فإن مدى درجة الحرارة الجوية الليلية التي تؤدي إلى ارتفاع معدلات تبادل الغازات ضيق نوعا ما، وخاصة بالمقارنة مع O.ficus-indica، حيث إن درجات الحرارة الجوية الليلية بين 14 و 23 درجة مئوية مطلوبة لتحقيق 80 في المائة على الأقل من الحد الأقصى لامتصاص ثاني أكسيد الكربون (الشكل 4؛ نوبل وآخرون، 2002).

وسيحدّد متوسط التّغيّرات في درجة الحرارة الجويّة متوسط إنتاجية المحصول، بما في ذلك محاصيل الصبّار، مثل O.ficus-indica و H. undatus. غير أن معدل الاحترار وشدة الظواهر الجوية - أي هبوب نوبات حارة غير متكررة، أو الصقيع، أو الجفاف، أو الأمطار الغزيرة غير العادية، والتي من المرجح أن تصبح أكثر تواتراً وشدةً بسبب تغير المناخ - ستحدد البقاء الفعلي للنباتات وتحد من زراعة المحصول (اللجنة الدولية للتغيرات المناخية، 2014؛ نوبل، 1988). إن كون نوع نباتي قادرا على تحمّل حالات شديدة من ارتفاع درجة الحرارة المتزايدة بشكل متكرر يعتمد على تحمله للحرارة. وبالنسبة إلى 18 نوعاً من الصبّار، تبلغ درجة الحرارة العالية المميتة حوالي 57 درجة مئوية (نوبل، 1988؛ درنان، 2009). وعادة ما يكون الصبّار O.ficus-indica مقاوماً للتعرض لدرجات حرارة تصل إلى 66 درجة مئوية، في حين أن H. undatus يمكن أن يقاوم فقط درجة حرارة تصل إلى 55 درجة مئوية - وهي أدنى درجة تحمّل لدرجات الحرارة العالية بالنسبة إلى االصبّار (درنان، 2009؛ نوبل وآخرون ، 2002). بالنسبة إلى كثير من الأنواع، يتم تحديد التحمّل الفعلي لدرجة الحرارة عن طريق متوسط درجة الحرارة الجوية. في الواقع إن ارتفاع درجة الحرارة الجوية بمقدار عشر درجات مئوية والتي تتعرض لها النباتات يؤدي إلى ارتفاع متوسط لدرجة الحرارة المميتة بمقدار 5.3 درجة مئوية لعدد 18 نوعا من الصبّار(نوبل، 1988؛ درينان، 2009). على سبيل المثال، بالنسبة إلى نباتات الصبّار O.ficus-indica المحتضنة تحت درجة حرارة متوسطة تبلغ 35 درجة مئوية، تصل درجة الحرارة المميتة إلى 62 درجة مئوية، ولكن بالنسبة إلى النباتات المحتضنة تحت 45 درجة مئوية، فتكون درجة الحرارة المميتة 66 درجة مئوية؛ وبالتالي فإن التأقلم لهذا النوع يصل إلى 4.2 درجة مئوية لكل عشر درجات مئوية زيادة في درجة الحرارة الجوية (نوبل، 1988؛ نوبل وآخرون، 2002). وفي المقابل تكون قدرة تأقلم H. undatus هي أدنى ما تم قياسه على الصبّار. وبالنسبة إلى هذه العارشة الاستوائية الجديدة، فإن زيادة متوسط درجة الحرارة الجوية من 20 إلى 30 درجة مئوية تحسن تحمّل درجات الحرارة العالية من 54.0 إلى 55.4 درجة مئوية؛ وبالإضافة إلى ذلك، فإن ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى منع تبادل الغازات وحتى إلى موت النبات (نوبل وآخرون، 2002).

05

الموارد الوراثيّة للصبّار *(Opuntia spp.)*

Candelario Mondragón Jacobo (1)

Innocenza Chessa (2)

(1)جامعة كيريتارو المستقلة، جوريكيلا كويريتارو، المكسيك

(2)جامعة ساساري، إيطاليا

05

الموارد الوراثية للصبّار (Opuntia spp.)

مقدّمة

إن التّوقّعات السّكانيّة العالميّة لعام 2050 غير مطمئنة، إذ تقدّر أن تصل إلى تسع مليارات بمعدل المواليد الحالي. وتتميّز البلدان التي تقع في مناطق قاحلة وشبه قاحلة بأنها الأكثر نموّاً من حيث عدد السّكان؛ غير أنها أيضاً أكثر المناطق جفافاً في العالم، وستتضاعف بها ندرة الماء بحلول عام 2050 (إدارة الأمم المتحدة للشؤون الاقتصاديّة والاجتماعيّة، 2015). وسيؤثّر تغيّر المناخ أيضاً على مساحة الأراضي التي تقع في المناطق شبه القاحلة. ويتزايد أعداد السكّان بسرعة في المناطق التي يصعب فيها زراعة المواد الغذائية. ولهذا السّبب، يجب على الحكومات أن تولي اهتماماً فورياً ومستمرّاً لآثار تغير المناخ، سواء أكانت تلك البلدان متضرّرة بالفعل أم يحتمل أن تتعرّض للضّرر.

فالاستخدام الناجع للمياه والأراضي والاختيار المحكم للأنواع المزروعة التي تتطابق مع الظّروف المناخية للزّراعة في مواقع محددة والاستراتيجيات السّليمة لزيادة المحاصيل وتحسين الأنماط الجينية النباتية والحيوانية هي من بين أدوات التصدّي لهذه الكارثة. ويمكن إدراج النباتات المحلية متعددة الأغراض مثل صبّار (Opuntia spp.) في قائمة المحاصيل المختارة، نظراً لتحملها الجفاف واستخدامها في أغراض متعددة، مثل الفاكهة أو الأعلاف، بالإضافة إلى استخدامها كسياجات لحماية منازل الأسر في المناطق الجافّة، أو للتصدي للانجراف (موندراغون جاكوبووتشيسا، 2013). وستصبح الموارد الوراثية من دون شكّ الأساس لجميع الاستعمالات المستقبلية للصبّار؛ وهناك حاجة إلى الاستكشاف المكثّف، والحفظ الفعّال في الموقع وخارج الموقع، والتقييم الديناميكي في مواقع جديدة ومشاريع لتبادل هذه الموارد الوراثية وتحسينها لتحقيق الإمكانات الكاملة لهذا المورد القيّم. ويجب على العلماء تحديد خصائص استخدامها في برامج إكثار وتطوير للاستفادة من الخصائص القديمة والجديدة في التغلّب على الجفاف والصقيع والآفات والأمراض الأصلية والدّخيلة، وكذلك في تحسين القيمة الغذائية.

ويلخّص هذا الفصل التقدّم المحرز في الأنشطة المتعلقة بالموارد الوراثية في البلدان التي لديها أكبر قدر ممكن من تنوّع الصبّار، سواء أكان أصيلا أم دخيلا. كما يوضح الفصل أساسيات استكشاف الموارد الوراثية للصبّار Opuntia وتسجيلها، والحفظ في الموقع وخارج الموقع، وكذلك استخدامها.

استكشاف الموارد الوراثية

قبل استثمار الوقت وبذل الجهود في جمع الموارد الوراثية للصبّار، من الضروري وضع منظور واقعي لإيجاد موارد وراثية متنوعة وحقيقية ومفيدة، وتحديد استخداماتها المحتملة، والأهمّ من ذلك، الكلفة اللازمة لإدارة مجموعة الموارد الوراثية للصبّار على المدى الطويل. كما أنه لابدّ من البحث عن مصادر بحثيّة مكتوبة لفهم الأصول وطرق الانتشار من أجل التحقق من الحاجة إلى إجراء دراسة مستفيضة قبل الشروع في عمليّة الجمع.

ثبت أنّ الصبّار Opuntia نشأ وتدجّن في وسط المكسيك، وهو البلد الذي لا يزال لديه أكبر مجموعة من الأنواع والأصناف البريّة والمدجّنة. ومن المعروف أيضاً أنه خلال الفترة الاستعمارية، أُدخل الصبّار المدجّن إلى أوروبا ثم إلى شمال أفريقيا، خاصة إلى البلدان التي احتلتها إسبانيا وفرنسا وإيطاليا. وهناك أحداث تاريخيّة واقتصاديّة أخرى تسجّل وجود الصبّار في الشرق الأدنى وآسيا الوسطى وأجزاء أخرى من العالم بين القرنين السادس عشر والتاسع عشر. ومنذ ثمانينيات القرن الماضي، بذلت الحكومات والمنظمات غير الحكومية جهوداً كبيرة للحدّ من آثار التّصحّر في شمال أفريقيا ومناطق أخرى؛ وتعتبر زراعة الصبّار من بين التدابير التي تم اتّخاذها لمكافحة الانجراف وتعزيز استعادة الغطاء النباتي.

تقلب الموارد الوراثية

هناك ارتباط مباشر بين الأحداث التاريخية المذكورة أعلاه وتقلب الموارد الوراثية: في البداية تم إدخاله اعتمادا على موارد وراثية محدودة وخاصة محلية بيد أن انتشاره الحديث اعتمد على عدد أقل من الأنواع باستخدام أصناف قليلة ملساء. وعلى الرغم من الأدلة على التكيف الممتاز في مناطق كشرق إفريقيا فإن تهجين الأنماط الجينية القريبة لا ينتج عن سلالات جديدة على الفور.

من الصعب إنتاج تنوع جديد في المادة الوراثية للصبّار, وهذا يرجع إلى ارتفاع الشتلات اللاجنسية وطول فترة ما قبل النضج التي تتراوح ما بين أربع وسبع سنوات) موندراغون جاكوبو2001). هذه الميزات البيولوجية للصبار تقلل من فرص التهجين لإنتاج أنماط وراثية جديدة من خلال إعادة التركيب، من ناحية أخرى فإن جميع الأنماط الجينية المحلية وغالبية الأنماط البرية متعددة الصبغيات، وهي سمة وراثية تقلل بشكل كبير إمكانية حدوث تقلبات جينية.

تحليل الموارد الوراثية

من أجل نجاح استكشاف الموارد الوراثية يجب اعتبار ما يلي:

• البحث عن مصادر المعرفة المحليّة فيما يتعلق بالنبات والأسماء المحليّة والاستخدامات واندماج النبات في الثقافة والتاريخ المحليين. فمن المستحسن دائماً دعوة المرشدين المحليين للمساعدة في التشخيص الميداني، وليس المرشدون الزراعيون فحسب، بل كذلك، رعاة القطعان، والحطابون، وقاطفو الفاكهة وجامعو الأعشاب، فهؤلاء يكونون على دراية أفضل بالنباتات المحلية.

• تعتبر المعرفة بعلم دراسة الظواهر البيولوجية للصبّار في المنطقة المعنيّة أمراً بالغ الأهمية، لأن جميع عناصر التوصيف تستند إلى الخصائص المرئية المتعلّقة بجميع أجزاء النّبات. ومع ذلك، تعتبر الجذور والأزهار والفواكه ضروريّة لتحديد النباتات بشكل دقيق. وهناك خاصيّة مشتركة مستخدمة في تحديد المدخلات والأنواع هي لون الثّمار، داخلياً وخارجيّاً على حدّ سواء. ومع ذلك، يعتبر لون الثّمرة خاصيّة ديناميكيّة -تتغير خلال مرحلة النّضج، في حين أن لون اللب يتغير عند النّضج - ولهذا السّبب ينبغي الاسترشاد بخبير لا تغشّه المظاهر.

• الوصف الجغرافي الدقيق للمنطقة أمر ضروري: فالارتفاع والتعرض لأشعة الشمس ورطوبة التربة تؤثر جميعها على المناخ، ويمكن أن يؤثر المناخ بدوره على موسم النضج. وربما يكون الافتقار إلى المعرفة الجغرافية أحد الأسباب الرئيسية لوجود مدخلات زائدة عن الحاجة في مجموعات خارج الموقع. وفضلا عن ذلك فإن مدخلات النضج المبكر أو المتأخر، التي تم جمعها في مواقع مختلفة، يمكن أن تزهر وتؤتي ثمارها في نفس الوقت عند غرسها جنباً إلى جنب.

• يعتبر وجود الأشواك أو غيابها سمة هامة أخرى ومثيرة للاهتمام، حيث إن نظم الإنتاج الحديثة تتطلب في معظمها أصنافاً ملساء؛ ومع ذلك، هناك تنوّع أقل في الأصناف الملساء مقارنة بالأصناف الشّوكيّة، وربما تكون قد نشأت كطفرة في الأصناف الشّوكيّة. كما أن تحديد المدخلات الملساء أكثر صعوبة، حيث لا يمكن التحقّق من ذلك إلا بعد أن تثمر النباتات.

ان استكشاف الموارد الوراثيّة للصبّار من المواضيع التي حظيت بالاهتمام منذ بداية القرن الحادي والعشرين. وقد أجريت دراسات للموارد الوراثية في المغرب (أربا وآخرون، 2002)، وتركيا (بكير، 2006)، وتونس (زغلامي وآخرون،2007)، والأرجنتين وإثيوبيا (هايلي وبيلاي،2002؛ موندراغون جاكوب ووتيغين،2006)، مما سمح بتحديد أصناف للاستهلاك المحلي كفواكه طازجة في معظمها. وقد ركزت هذه الدراسات على المخزونات المدجّنة وشبه المدجّنة. وتشير المصادر التاريخية إلى أصول مشتركة للصبّار الموجود في هذه المناطق؛ حيث تفرقت أنواع الصبّار المدجّنة القادمة من المكسيك بعد اكتشاف أمريكا بفعل النشاط الاستعماري لإيطاليا وإسبانيا ودول أوروبية أخرى، ومن خلال الدول العربية في شمال أفريقيا والشرق الأدنى. وتدعم المشاهدات الميدانية الفرضية القائلة بأن التجمع الأساسي كان مقتصراً في الغالب على الأصناف المدجّنة التي انعزلت وتأقلمت مع هذه البيئات الجديدة. ولهذا السبب، ورغم ثبوت وفرة التنوع، فإنّه كان محدوداً نسبياً بالمقارنة مع الأنواع والأصناف المعروفة.

وقد بذلت جهود مكثفة في المكسيك لجمع الصبّار المدجّن وشبه المدجّن بدعم من مبادرة الحكومة الاتحادية التي تركز على المحاصيل المحلية: النظام الوطني للموارد الوراثية النباتية للأغذية والزراعة (SNARFFI). وهناك مشروع متواضع؛ ألا وهو جمع النباتات الاصلية وقد اضطلعت به جامعة المكسيك الوطنية المستقلة (UNAM) ؛ ويمكن زيارة هذه المجموعة في الجامعة الوطنية المستقلة في مدينة مكسيكو (UNAM).ووصل البحث عن الموارد الوراثية إلى ذروته، ثم تحوّل برنامج فرق البحث إلى الحفظ والاستخدام.

ماذا تبقى للجمع؟ لا شكّ في أن منطقة تيغراي في شرق أفريقيا تستحق اهتماماً خاصاً؛ فهي تغطي جزءاً من إثيوبيا وإريتريا وتنفرد بأنها أكبر مناطق الصبّار المستوطن في أفريقيا، حيث نشأ من نباتات تمت زراعتها خلال القرن التاسع عشر؛ وقد بذلت جهود من قبل موندراغون جاكوب وتيغين (2006) لتوصيف التنوع المحلي. وقد امتدّ الصبّار إلى مناطق بعيدة خلال انتشاره المبكّر، حتى بلغ أماكن غير متوقعة مثل الصّين والهند ومدغشقر، وأنه لمن الضروري استكشاف وتوصيف التّنوّع الحيوي الموجود في جميع المواقع، من أجل المقارنة مع الأنماط الوراثيّة المتاحة في بنوك الجينات، ولتقييم احتياجات الحفظ وتقييم وجود خصائص قيّمة للتكاثر.

المثال العملي الآخر الذي يمكن تقديمه هو استعادة مجموعة بوربانك، التي حصلت عليها جنوب أفريقيا في بداية القرن العشرين. تحتوي المجموعة على معظم الانواع الملساء التي طوّرتها لوثر بوربانك في كاليفورنيا، فضلاً عن بعض الأصناف من أصل مكسيكي، وهي موجودة حالياً في جامعة فري ستيت، التي ربطت بشكل فعّال دراسات الموارد الوراثية باستخدامات علف الحيوان والتغذية البشريّة.

حفظ الموارد الوراثية

إن الحفاظ على مجموعات الصبّار خارج الموقع يكون عالي الكلفة، وذلك بالنظر إلى أن الصبّار هو من المحاصيل المعمرة التي تتطلب وقتاً طويلاً لتحقيق الاستقرار في الإنتاجية: من خمس إلى سبع سنوات في حالة إنتاج الفاكهة. كما يلزم عدّة سنوات للحصول على نتائج إيجابية فيما يتعلق باستخدامها في الأعلاف والتغذية البشرية؛ ومع ذلك، هناك بيانات مفيدة عن الإنتاجية والجودة تتوفر بالفعل بعد السنة الثانية. وثمة عامل هام آخر هو التنوع المناخي في مناطق الإنتاج: إجراء دراسة شاملة يتطلب وجود أكثر من موقع تجريبي، ما يزيد بشكل كبير من تكلفة البحوث أو مشاريع البحوث التنمويّة، وقد لا تكون الموارد المالية متاحة، وذلك حسب البلد الذي يقدم الدعم المالي. وهناك صعوبة عالمية في قبول مشاريع الحفظ طويلة الأجل. ويمكن تيسير عملية الحفظ من خلال إرساء مجموعة من الأهداف وتحقيق التعاون بين الفرق متعددة التخصصات، وذلك باستخدام نفس التجارب أو المجموعات لأغراض التزامن؛ ومع ذلك، لا يزال عدم اليقين قائماً، حيث إن كل جهة من الجهات المانحة تضع شروطها الخاصة وبرنامج عملياتها.

بنوك الموارد الوراثية ، والمجموعات الأساسية، وتجارب الأنواع المستنبتة

على جميع البلدان المنتجة للصبّار أن تملك مخزوناً من الموارد الوراثيّة وتجمعها وتحفظها وتقيّمها، على أن تختلف هذه الأنماط الوراثية عن تلك التي تستخدم في الأغراض التجارية، حيث تعمل هذه المجموعات كمواقع استكشافية ومستودعات للتغيرات الجديدة إذا لزم الأمر. كما أنها مصدر قيّم للمعلومات حول أداء المدخلات الفردية لمواقع محدّدة، حيث إن التأقلم والإنتاجية من السمات صعبة الاستنباط.

ويختلف مدى وطبيعة هذه المجموعات: من تجارب الأنواع المستنبتة إلى البنوك الرسميّة للموارد الوراثية. ولا يوصى ببنوك الأنماط الوراثية فحسب، بل إنها إلزامية في البلدان التي تعدّ مركز المنشأ ومراكز ثانوية. وتكون المجموعات الأساسية أصغر حجماً وتحتوي على أنماط وراثية محدّدة مفيدة للتكاثر والتقييم الزراعي الأولي. وينبغي أن تشمل تجارب الأنواع المستنبتة أنماطاً وراثية جديدة واعدة - سواء أكانت جديدة تماماً أو جديدة بالنسبة للمنطقة فقط - وعادة ما يفرض تصميمها ضرورة تكرارها. ويتوقف مدى فائدة تقييم الموارد الوراثية على عوامل عدّة:

- المحاصيل: ما مدى أهميتها؟
- الموقع: إلى أي مدى يمثل المناخ الزراعي؟
- الخدمات الإرشادية: ما مدى فعاليّة الخدمات المرتبطة بإنتاج الصبّار؟

توثيق الموارد الوراثية

تتزايد قيمة الموارد الوراثية المحفوظة في مجموعات إذا تم تجميع بيانات كاملة ودقيقة. وبالإضافة إلى توافر البيانات المتعلقة بالدخول، قد تمثل سجلات أداء المدخلات خلال السنوات مصدراً ثميناً للمعلومات بالنسبة إلى الباحثين والمرشدين. ويجب الاحتفاظ بسجلات الإدارة والصيانة من أجل:

- رصد حالة الموارد الوراثية المحفوظة في جميع مراحل الحفظ ؛
- تحسين كفاءة برامج الحفظ ؛
- تسهيل تبادل المواد والمعلومات بين بنوك الموارد الوراثية والمجموعات الوراثية.

ويتمثل الشاغل الرئيسي في إدارة الموارد الوراثيّة في زيادة عدد المدخلات المرتبطة عادة بالتّكرار. ولتلافي التكرار والحدّ من إضافة نسخ مكرّرة إلى مجموعات الموارد الوراثية، يجب توفير توثيق شامل للمدخلات القائمة والإدخالات الجديدة.

إنّ المعلومات المرتبطة بالمدخلات المجمعة لا تقل أهمية عن المواد النباتية الفعلية الموجودة في بنوك الجينات (جيفن، 1994). فلكل إدخال، يجب أن تكون هناك معلومات وصفيّة لتحسين الاستخدام، وتلبية الاحتياجات المحدّدة للمستخدمين، ودعم القرارات المتعلقة باختيار النمط الوراثي.

كما هو الحال في المحاصيل الرئيسية، يكون توصيف وتقييم مجمع المورثات المتاحة أمراً ضرورياً لبرامج تكاثر الصبّار. وفضلا عن ذلك فإن التوصيف الظاهري والوراثي للموارد الوراثية يتيح فرصا لتحديد المدّخلات المتنوّعة وراثياً والمتفوّقة زراعياً من أجل تحسين أنواع Opuntia كمحصول متعدّد الاستخدامات (تشيسا، 2010).

البساطة والسرعة والتكلفة المنخفضة نسبيّا، جميعها تجعل العلامات/ الصفات المورفولوجية هي الأكثر استخداماً على نطاق واسع لتوصيف الموارد الوراثية. ولتسهيل وتوحيد توصيف المدخلات المجمعة، هناك قائمة عناصر وصفية للصبّار متوفّرة (تشيساو نيدو، 1997) وفقاً للصيغة الدولية التي أقرتها منظمة التنوع البيولوجي الدولية. كما تم تحقيق التوصيف القائم على التشكل، وذلك في أعقاب قوائم العناصر الوصفية والكتالوغات المقترحة لتحسين استخدام مدخلات المجموعات مكسيكية والجنوب أفريقية (غاليغوس فازكيز وآخرون، 2005؛ بوتجيتر وماشوب، 2009). وقد وضع ريس أغيرو وآخرون (2009) نظام تصنيف لتحديد المتغيرات المزروعة والبرية من أنواع Opuntia من أصل مكسيكي. وقد تمت دراسة نهج إحصائي لتحديد خصائص القيمة التشخيصية التفاضلية لتوفير قدر أكبر من التوحيد بين المجموعات ولتكييف قائمة التوصيف لأغراض محددة (إربوتشيسا، 2013).

وقد قام باحثون مكسيكيون بتحديد ووصف الأنواع المدجّنة الموجودة بأعداد قليلة في البساتين الأسرية للاستعمال الفردي. وتتعرض هذه المجموعة الفرعية الخاصة للخطر من جراء الصقيع القاسي والبرد غير المعتاد - وربما يرتبط ذلك بتغير المناخ - وتغيّرات استخدامات الأراضي، والهجرة، والعوامل الاجتماعية والاقتصادية الأخرى. وتمثل هذه الأنواع ذات الأصل البري نتاج التحسين طويل المدى؛ فهي أيضاً ناقلات لصفات قيّمة مفيدة لدى التطبيق الفوري من جانب الباحثين. وقد ينتج عن تجميعها في مجموعات التكاثر توفير الكثير من الوقت في عملية تعزيز السمات الوراثية. ويقدّم غاليغوس و موندراغون جاكوبو (2011) وصفاً «للأصناف» المحلية والإقليمية البارزة، فضلاً عن بعض المجموعات المحدودة التي يتمّ الحصول عليها من وسط المكسيك. وتشمل الأوصاف البيانات والصور وخرائط التوزيع ومعلومات موجزة عن السمات التجارية لهذه «الأصناف». وتتميز البيانات بكونها قيّمة ولا تهم الباحثين فحسب، بل أيضاً المزارعين والتجار والمستهلكين، على افتراض أنه كلما زادت رقعة المستخدمين، زاد تأثير ذلك على أهمية الحفظ.

وهناك حاجة إلى منصة مشتركة تستند إلى نفس الصفات والمقاييس ووحدات القياس على أساس عالمي لتسهيل تبادل المعلومات والمواد المتعلقة بالنباتات. ويمكن أن تكون شبكة معلومات الموارد الوراثية (GRIN)(http://www.ars-grin.gov) التي توفر معلومات عن الموارد الوراثية عن النباتات والحيوانات والميكروبات واللافقاريات مفيدة بالنسبة إلى الصبّار. وتركز قاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (هورتيفار) (http://www.fao.org/hortivar/)، التي تشمل التعاون المباشر بين المستخدمين، على الأنواع المستنبتة التجارية للمحاصيل البستانية؛ ولكن حتى الآن لم يتم تحميل بيانات عن أصناف الصبّار.

استخدام الأدوات الجزيئيّة الحديثة للتّعرف على تنوّع ثمار الصبّار والحدّ من التّكرار

ربما يكون تحديد النمط الظاهري المرتكز على علامات مورفولوجية فقط مضللاً بسبب النمط الجيني المعقد والتفاعل البيئي الذي يحكم معظم الصفات المعنية. وكان تحسين استخراج الحمض النووي الخطوة الأولى نحو تطبيق الأدوات الجزيئية الحديثة لدراسة الموارد الوراثية للصبّار- التكرار وتاريخ نشوء النوع ووراثة الصفات القيِّمة-. ومنذ تسعينيات القرن الماضي، تم وضع بروتوكولات لاستخراج الحمض النووي من الألواح وحيدة السلامية وجذورها (دي لا كروز وآخرون، 1997؛ غريفيث وبورتر، 2003؛ موندراغون جاكوبو ودودريفا، 2000)، للتغلب على مشكلة الهلام النباتي. وقد سهل تكييف المجموعات التجارية إلى حد كبير معالجة أعداد كبيرة من العينات، كما أفاد بذلك فلبرغ وآخرون (2013)، والذي قام بتقييم فعالية مجموعة DNeasy النباتية المصغرة (كياغن، فالنسيا، كاليفورنيا، الولايات المتحدة الأمريكية) لاستخراج الحمض النووي من أشواك ثمانية أنواع من الصبّار.

إن أفضل أداة لتقييم التنوع الوراثي هي علامات تستند إلى تعدد أشكال الحمض النووي. وقد تم تطوير مجموعة كبيرة من تقنيات العلامة الجزيئية والتي يشيع استخدامها في التنميط الجيني للأفراد واستنتاج المعلومات عن البنية الوراثية لمجموعات الموارد الوراثية، واكتشاف الترادف، والقرابة. ومع ذلك، في حالة أنواع المحاصيل الصغيرة مثل الصبّار، لا يزال تطوير وتطبيق العلامات الجزيئية محدوداً في واقع الأمر.

وقد تم تجميع أنواع مختلفة من أنواع Opuntia والأنماط الحيوية عن طريق نمط ربط الإنزيمات المتشابهة في حبوب اللقاح (تشيسا وآخرون، 1997). وبسبب انخفاض الثقة في هذه العلامات، والتي تتأثر بالظروف البيئية ونوع الأنسجة ومرحلة النبات، تم تطبيق علامات أكثر مصداقيّة مشتقة من تفاعل البلمرة المتسلسل.

تم تطبيق علامات الحمض النووي متعدد الأشكال المضخّم عشوائياً (RAPD)بنجاح للتحقق من الأصل الجسدي داخل بعض المدخلات المكسيكية (موندراغون جاكوبو، 2002). ومن أجل تحديد مدخلات الأنواع المستنبتة للثمار والزينة، قام وانغ وآخرون (1998) بتطبيق الحمض النووي متعدد الأشكال المضخّم عشوائياً مقترناً بالبيانات المورفولوجية والفيزيولوجية. وقد تم تصنيف ونسخ المجموعة الوراثية في بنك كلية الهندسة الزراعية في جامعة نويفو ليون المستقلة (FAUANL) عن طريق علامات الحمض النووي متعدد الأشكال المضخّم عشوائياً (غارسيا زامبرانو وآخرون، 2006)؛ ومع ذلك، لم يتم تأكيدها باستخدام علامات تقنية التعددية الشكلية القائمة على تضخيم قطع DNA المهضومة بإنزيمات التقطيع (غارسيا زامبرانو وآخرون، 2009). وقد تم تصنيف الأنماط البيئية للصبّار O.ficus-indica والقادمة من تونس من خلال علامات الحمض النووي متعدد الأشكال المضخّم عشوائياً، وتم تحديد 13 مجموعة رئيسيّة من دون علاقة بمناطق جغرافية محددة (زغلامي وآخرون، 2007).

وباستخدام تقنية التعددية الشكلية القائمة على تضخيم قطع DNA المهضومة بإنزيمات التقطيع، اقترح لابرا وآخرون (2003) أن O.ficus-in-dica ينبغي اعتباره شكلاً مدجناً من أشكال O.megacantha الشوكية. كما تم تطبيق علامات تقنية التعددية الشكلية القائمة على تضخيم قطع DNA المهضومة بإنزيمات التقطيع لدراسة العلاقات الجينية بين الأنواع في ثلاث مجموعات من Opuntia في تونس (سنوسي طريفة وآخرون، 2009). كما تم تقييم مستوى التنوع الوراثي في نسائل الصبّار في البرازيل من خلال علامات تقنية تكرار التسلسل البسيط المتداخل، مما كشف عن تمايز وراثي منخفض بينها (سوتو ألفيس وآخرون، 2009).ومن أجل تقييم التنوع الوراثي، تم تطبيق علامات جزيئية مختلفة، فعلى سبيل المثال، تقنية الحمض النووي متعدد الأشكال المضخّم عشوائياً- تفاعل البلمرة المتسلسل (RAPD-PCR)، وتقنية التتابعات البسيطة المتكررة البلاستيدية (تشيسا، 2010)، وتقنية الحمض النووي متعدد الأشكال المضخّم عشوائياً وتفاعل البلمرة المتسلسل (RAPD-PCR) مع تقنية تكرار التسلسل البسيط المتداخل باستخدام حمض نووي مأخوذ من البذور (لونا بايز وآخرون، 2007).

وقد تمت دراسة التاريخ التطوري للصبّار O.ficus-indica باستخدام تحليل بيسيان لأطوار النشوء والارتقاء لتسلسل الحمض النووي الريبوزي للفاصل الداخلي المستنسخ (غريفيث، 2004).

وقد تم توثيق الأدلة الجزيئية على الأصل الهجين لأنواع مختلفة من Opu-ntia وسهولة إدخال الجينات المستنبتة، وكذلك وُضعت فرضية عن تعدد أصول الصبّار O.ficus-indica(غريفيث، 2003، 2009). إن نظرية غريفيث التي تعتبر أن O.ficus-indicaعبارة عن مجموعة من النسائل المتعددة غير المترابطة المستمدة من أنواع أبوية مختلفة، والتي اختيرت لسماتها الزراعية المشتركة، قد حظيت أيضاً بتأييد كاروسو وآخرين (2010)، وذلك بواسطة التوابع الصغرى. وفيما يتعلق بتقنية التتابعات البسيطة المتكررة فائقة تعدد الأشكال الستة التي أنشأها هلسن وآخرون (2009) وموقعين اثنين لعلامات التتابع المعبر عنها، فقد استخدمت لمعرفة بصمات 62 نمطاً وراثياً من Opuntia من أصل مكسيكي وإسرائيلي وصقلي. وقد تم تسجيل فصل واضح بين الأنواع المتعلقة بالصبّار والمدخلات المزروعة.

أكّد هيليس وآخرون (2009) على فائدة كل من البيانات الجزيئية المورفولوجية في مخطط الحفظ - استناداً إلى الاختلاف المورفولوجي العالي نسبياً الموجود في أنواع الصبّار Opuntia المتوطنة في جزر الغالاباغوس والمرتبطة بالتنوع الجيني المنخفض - كدليل على تنوع الاختيار والتأقلم مع البيئات المحلية. وقد قدّم المؤلفون ذاتهم دليلاً على أن التمايز التصنيفي القائم على الخصائص المورفولوجية بين أنواع Opuntia لم يكن مدعوما بالبيانات الجزيئية.

إن التنوع العالي والطبيعة المهيمنة المشتركة للتتابعات البسيطة المتكررة جعلت منها علامة الاختيار الأمثل كبصمة للحمض النووي في إطار توصيف نباتات Opuntia في إيطاليا (سردينيا). وقد تم عزل مجموعة جديدة من مواقع التوابع الصغرى في أنواع وأصناف مختلفة من الصبّار Opuntia (إري

وآخرون، 2013). واستخدمت خمسة من أصل عشرة مواقع للتتابعات البسيطة المتكررة لتصنيف مجموعتين ميدانيتين من إيطاليا والأرجنتين. وفيما يتعلق بمستوى تعدد الأشكال والعدد المرتفع نسبيا للأليات المكتشفة، فقد اقترح أن هذه العلامات يمكن أن تستخدم للدراسات النوعية البينية والداخلية، فضلا عن توفير أداة أكثر ثقة في تصنيف أنواع الصبّار Opuntia، على أساس مواصفات الأليات الخاصة بها.

حفظ الموارد الوراثية للصبّار

الحفظ في عين الموقع

يجب تحفيز الحفظ الموضعي في مراكز المنشأ وتنوع الصبّار، مع التركيز على الأسلاف البرية والأنواع شبه المدجّنة. ويخضع وسط المكسيك لتغييرات كبيرة في استخدام الأراضي، ما يعرض للخطر المناطق الرئيسية للتنوع الزراعي بشكل مباشر؛ وتتمثل التهديدات الرئيسية في فتح الأراضي الزراعية أمام رعاة المواشي، وبناء طرق جديدة، ونمو المناطق الحضرية. وتسمح حيازة الأراضي للأفراد والمجتمعات المحلية بتحديد مصير الأراضي البرية حاضراً ومستقبلاً، ما يعقّد اتفاقات الحفظ طويلة الأجل.

كما أن التهديدات الطبيعية المتمثلة في الصقيع والثلوج والبرد غير العادي - التي يعتقد أنها مرتبطة بتغير المناخ - تهدد بقاء نباتات الصبّار شبه المدجّنة والبرية، ولا سيما الأصناف التي تتأثر بالصقيع. وقد تم تسجيل شتاء قاسي في الآونة الأخيرة في ربيع عام 2016، وغطّى الجليد والثلوج عدداً من أهم الولايات المنتجة للصبّار البرّي في شمال وسط المكسيك؛ ويتم حالياً تقييم الآثار النهائية لهذه الكارثة.

وقد تم تعزيز المقاربات المختلفة لتشجيع الحفظ في المكسيك بمستويات متفاوتة من النجاح: المناطق المحميّة الطبيعية (على المستوى الاتحادي ومستوى الولايات والبلديات)، وممرات السياحة الطبيعية، وغيرها من خطط الاستخدام المستدام. ويجب أن تحقق هذه السياسات التوازن بين الآثار المتوقعة والمصالح الاقتصادية والاجتماعية للمجموعات البشرية المعنية. وتخضع جميع هذه المبادرات للمراجعة بسبب خفض الموازنات والتغييرات السياسية، مما يعرض حماية الموارد على المدى الطويل للخطر.

الحفظ خارج الموقع

في النصف الشرقي من الكرة الأرضية، يكون الحفظ خارج الموقع هو النهج الأكثر نشاطاً، من خلال مجموعات ميدانية في تونس والمغرب وجنوب أفريقيا. وتنفرد إيطاليا بأكبر وأقدم مجموعة خارج المكسيك. بدأت المجموعة في عام 1992 وتعمل بمثابة بنك الموارد الوراثية ومجموعة حاضنة حيث تستضيف عيّنات من Opuntia ومن Nopalea، ويبلغ عدد المدخلات الحالي 2200. وتشمل المجموعة أصنافاً وأنواعاً محلية، وأنواعًا هجينة ناجمة عن التلقيح المفتوح، وهجائن متحكم فيها ومزرعة جنينية. وفي نصف الكرة الغربي، توجد مجموعات حيّة في الأرجنتين وشيلي والبرازيل والمكسيك؛ المجموعة الموجودة في كينغزفيل، بولاية تكساس لم تعد نشطة، ولكن وزارة الزراعة الأمريكية جمعت مجموعة جديدة تحت مظلة مستودع الموارد الوراثية التكاثرية في بارلير، كاليفورنيا.

وفي حين وجهت البرازيل جهودها الرامية إلى المحافظة على مدخلات الأعلاف، فهناك مجموعات أخرى تحتوي على الثمار والعلف والمدخلات مزدوجة الأغراض. وتحتفظ المكسيك، بوصفها أكبر مركز للتنوع، بعدة مواقع تتفاوت من حيث المساحة والعمر وعدد المدخلات (الجدول 1). وفي عام 2010، بدأ مشروع حفظ الأنماط الجينية النادرة ذات القيمة البستانية المباشرة داخل المختبرات. وتضم البرازيل 171 4 مدخلاً، بما في ذلك الأنماط الوراثية من بلدان عدة، فضلا عن المنعزلات والأنواع الهجينة من الهجائن المتحكم فيها. وتضم إيطاليا حوالي 2002 مدخل تم الحصول عليها من المكسيك و شيلي والولايات المتحدة الأمريكية والمغرب والأرجنتين وجنوب أفريقيا؛ وهذه المدخلات تشمل الأنواع البرية، والأنماط البيئية، والأصناف المحلية، والاختيارات، والمجموعات الهجينة من الهجائن المتحكم فيها، والنباتات المستنبتة في مزارع جنينية.

في أوائل عام 2011، أسست الحكومة المكسيكية مركز البحوث الوطنية للموارد الوراثية والتكنولوجيا الحيوية (CENARGEN)في تيباتيتلان، جاليسكو، ليكون بمثابة مستودع على المستوى الوطني؛ وقد صمّمت مرافقه للتخزين طويل الأجل لجميع المحاصيل والكائنات ذات الصلة بالزراعة الوطنية، بما في ذلك الصبّار.

الاستخدام: تعزيز وإكثار الموارد الوراثية

جرت محاولات عدة لإكثار الصبّار منذ أواخر القرن التاسع عشر. واختلفت النتائج لسببين رئيسيين:

- التعقيد البيولوجي: جميع أنواع opuntias ذات القيمة البستانية تكون متعددة الصيغ الصبغية وتتميز بالتكاثر اللاجنسي؛
- طول مدة ما قبل النضج :مع قلة نتائج برامج الإكثار والمشاريع المكلفة (سمات مرتبطة ارتباطاً مباشراً بالتمويل).

لذلك فإن برامج الإكثار تكون غير منتظمة ومحدودة المدة ومفتقرة للتمويل. وهناك أربعة برامج تدعمها الحكومات المكسيكية والإيطالية والبرازيلية والأمريكية، وشركة خاصة واحدة تقوم بأنشطة الإكثار. ويرد أدناه وصف موجز لها.

إيطاليا

شارك برنامج الإكثار الإيطالي في جمع الموارد الوراثية ووصفها وتوثيقها منذ عام 1992. كما أجرى البرنامج تهجينات، وكان من الرواد في مجال إنشاء المزرعة الجنينية للصبّار . وتشمل المنتجات التي تم الحصول عليها 12 اختياراً من النباتات ذات القشرة الخضراء والصفراء والحمراء (أربعة من كل واحدة) مناسبة للزراعة في بلدان البحر الأبيض المتوسط.

المكسيك

بدأ البرنامج في عام 1995 وأجرى عمليات تهجين واختيارات باستخدام

أفضل الأنماط الجينية المكسيكية لإنتاج الفاكهة، وذلك للحصول على أنواع متعددة الأغراض وتحسين نوعية الثمار وتأقلمها. وحتى الآن، تم الإبلاغ عن ثلاثة أصناف محسّنة (غاليغوس ومونداغون جاكوبو، 2011). ومنذ عام 2013، تم تخفيض أنشطة البرنامج بسبب غياب التمويل المستدام .

البرازيل

يركز البرنامج في المنطقة الاستوائية شبه القاحلة في بيرنامبوكو على تطوير أصناف محسّنة لإنتاج العلف. ويضم مخزون البرنامج الأنواع جيغانتي Gi-gante وريدوندا Redonda وميودا Miuda و 061 1 نسيلة من جيغانتي ذات التلقيح المفتوح، و 171 نسيلة منميودا ذات التلقيح المفتوح، و159 نسيلة تم الحصول عليها من تشابينغو، المكسيك، بالإضافة إلى 17 نسيلة من كباتسا (CPATSA)، وخمس نسائل من ريو غراندي دو نورتي، وأربع نسائل من بترولينا، ما مجموعه 417 1مدخلاً.

الولايات المتحدة الأمريكية

أعلنت شركة «داريغو بروس»، وهي شركة أمريكية خاصة معنية بإنتاج وإكثار الصبّار في ساليناس بولاية كاليفورنيا، عن أربعة أنواع محسّنة تم تطويرها للاستخدام الخاص: سويت كريمسن Sweet Crimson و سويت بيربل Sweet Purple وسويت سنست Sweet Sunset و-http://www.an dyboy.com/products/cactus-pear ما يعزز خط إنتاج الثمار الطازجة الجديدة.

ويتولى مركز الأبحاث الزراعية ووحدة الموارد الوراثية للنباتات والأراضي القاحلة التابعان لوزارة الزراعة الأمريكية في بارلير بولاية كاليفورنيا إجراء تقييم الموارد الوراثية النباتية التي تتكيّف مع الظروف القاحلة وكذلك ارتفاع معدلات الملوحة والسيلينيوم والبورون في التربة. وكانت النتيجة هي أربع براءات اختراع لأنواع مستنبتة جديدة، تشارك في امتلاكها جامعة ولاية كاليفورنيا في مدينة فريسنو، ومؤسسة دينيرز ريد روك رانش ووزارة الزراعة الأمريكية. وتعتزم مؤسسة دينيرز ريد روك رانش تطوير وتسويق المنتجات في شكل عصير ومسحوق مختلط مستخلصين من الثمار الجديدة (https://www.fresnostate.edu/jcast/cati/update/2013-fall/opun-tia-study.html)

نحو الاستخدام المستدام للصبّار

هناك أنواع جديدة تمثّل حجر الأساس لأي نظام مستدام؛ وهي قيد التطوير في المكسيك والبرازيل وإيطاليا، وإلى حد أقل في الولايات المتحدة الأمريكية. وبما أن البلدان النامية يمكن أن تستفيد أكثر من زراعة الصبار، فإن التعاون الدولي بحاجة إلى تشجيع، حيث تتقاسم البلدان الخبرات والموارد الوراثية والمرافق. ولتحقيق هذه الغاية، يجب على المراكز الدولية التوجه نحو المشاريع التعاونية.

وتزامناً مع ذلك يجب على البلدان التي لديها مخزونات محلية أو مجنسة أن تكثف عملية جمع أفضل المدخلات وتوصيفها وتقييمها، ويليها نشر الاختيارات المتميزة بموجب بروتوكولات صارمة معنية بالصحة النباتية. وبالنسبة للبلدان الأخرى حديثة العهد بزراعة الصبار، من الضروري إدخال أنماط وراثية مختارة واختبارها ونشر أفضلها أداءً في ظل الظروف المحلية قبل البدء في وضع برامج زراعية واسعة النطاق.

الجدول 1: قائمة بنوك الموارد الوراثية للصبّار في المكسيك - محدثة حتى عام 2014

الاستخدام	CRUZEN[a]		IIZD[b]	CBTA[c]38	SLP[d]–INIFAP
فاكهة طازجة	357	16	302	136	908
فاكهة وعلف	5	–	–	–	17
علف الماشية	7	2	3	3	47
التغذية البشرية	39	5	30	3	86
استخدام ثلاثي	2	–	–	–	2
لم ترد عنه تقارير (لا ينطبق)	–	23	–	–	28
أعلاف حيوانية	–	–	–	–	29
الزينة	–	–	–	–	4
بهارات/ توابل	–	–	–	–	15
الإجمالي	410	46	335	142	1 021

[a]CRUCEN : المركز الإقليمي لجامعة الشمال الأوسط، جامعة تشابينغو المستقلة، إل أوريتو، زاكاتيكاس، المكسيك.

[b]IIZD : معهد بحوث المناطق الصحراوية (المكسيك)

[c]CBTA : معهد التكنولوجيا الزراعية، أوغوكالينت، زاكاتيكاس، المكسيك.

[d]INIFAP–SLP: المعهد القومي لبحوث الغابات وتربية الحيوان والبحوث الزراعية - الحقل التجريبي، سان لويس بوتوسي، المكسيك.

06

إنتاج الثّمار وإدارة ما بعد الحصاد

Johan Potgieter (1) Salvatore D'Aquino (2)

(1)إستشاري بستنة، خليج ايلاندس، كيب الغربية، جنوب أفريقيا

(2)المجلس الوطني للبحوث، معهد علوم الإنتاج الغذائي، ساساري، إيطاليا

06 إنتاج الثّمار وإدارة ما بعد الحصاد

مقدّمة

توقع نوبل في عام 1988 توسعاً عالمياً في زراعة الصبّار، وقد استندت التّوقّعات جزئياً إلى البيولوجيا البيئية الخاصة بنبات الصبّار، والتي تجعل من الممكن تطوير نظم إنتاج زراعي مستدامة في المناطق ذات ندرة الموارد المائية والتربة (إنغليز وآخرون، 1995أ). علاوة على ذلك، كان هناك اهتمام متزايد بإنتاج ثمار الصبّار نظراً للطّلب المتزايد على الثمرة المميزة في الأسواق الرئيسية في العالم (إنغليز وآخرون، 1995أ). إضافة إلى ذلك، كان النقص في مياه الري اللازمة للتوسع في إنتاج المحاصيل الرئيسية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة قد أجبر المزارعين على البحث عن محاصيل بديلة ذات قدرة على تحمل الجفاف وكفاءة في استخدام المياه (WUE). يُزرع النبات في مجموعة واسعة من البيئات، ما يؤدي إلى وجود اختلافات في ممارسات البستنة وجودة الثمار وإنتاجية المحاصيل (إنغليز وآخرون، 2009؛ ليغوري وإنغليز، 2015). ومن حسن الحظ، منذ التسعينيات، أُتيح الكثير من المعلومات حول إدارة البساتين والجوانب الزراعية الأخرى للصبّار (فيلكر وإنغليز، 2003).

حالياً، يُزرع الصبّار من أجل إنتاج الثمار في 18 دولة على الأقل في مناطق شبه قاحلة في كلا نصفي الكرة الأرضية في أكثر من 100 ألف هكتار (إنغليز وآخرون، 2002أ)؛ لا يتضمن هذا الرقم النباتات المستوطنة، أو النباتات التي يتم زراعتها من أجل الاستهلاك العائلي، التي توجد على نحو شائع في العديد من البلدان (إنغليز وآخرون، 2002أ). إن البلد الذي يوجد فيه أكبر مساحة لزراعة ثمرة الصبّار هو المكسيك (112 51 هكتار) (ريس أغويرو وآخرون، 2013)، في حين تزرع بلدان أخرى، مثل إيطاليا وشيلي وجنوب أفريقيا وإسرائيل أيضاً، الصبّار لتسويق ثماره (إنغليز وآخرون، 2002أ).

ما زال شائعا بأن الصبّار لا يحتاج إلى تقنيات زراعية مثل المحاصيل الأخرى وأنه يعطي إنتاجية مرتفعة سواء بقليل من الرعاية أو حتى دون رعاية، حتى أن الباحثين الأوائل في مجال الصبّار- جريفيثس (1909) وتوربين وجيل (1928) - قد نسبوا هذه النظرية إلى السهولة التي ينمو بها النبات في أي بيئة تقريباً، واليوم نحن نعلم أن هذا ليس صحيحاً، لأنّه يتطلب الرعاية المناسبة من أجل أن يكون مربحا.

تخطيط وانشاء البستان

التخطيط الشامل أمر بالغ الأهمية عند إنشاء بستان تجاري لثمار الصبّار، ويجب اتخاذ العديد من القرارات الهامة قبل الزراعة. ومن الضروي أخذ العديد من الأمور في الحسبان:

- الخصائص المناخية لموقع الزراعة؛
- تحليل التربة فيزيائياً وكيميائياً؛
- اختيار الصنف المزروع؛
- تحضير التربة؛
- طلب المواد النباتية ؛
- زراعة مصدات الريح؛
- تحديد مساحة الزراعة وتوجيه الصفوف؛
- تركيب نظام الري.

اختيار الموقع

يدل الانتشار العالمي للصبّار على قدرته على التأقلم على نطاق واسع مع مختلف العوامل المناخية والعوامل المتعلقة بالتربة (بروتش، 1979). ويمكن لنباتات أن تتحمل درجات حرارة مرتفعة للغاية دون أية عواقب سلبية (نوبل وآخرون، 1986)؛ من ناحية أخرى، ينبغي تجنب مواقع الزراعة التي ينخفض فيها الحد الأدنى لدرجة الحرارة عن أقل من خمس درجات مئوية تحت الصفر، حيث تُقتل معظم أصناف الصبّار عند هذه الدرجات (إنغليز، 1995). يمكن أن تتسبب المناطق في المنخفضات التي يظهر بها الصقيع من أواخر الشتاء حتى أوائل الربيع في القضاء على البرعم الزهري (فيسلز، 1988ب؛ إنغليز، 1995؛ نيرد ومزراحي، 1995أ) مع فشل المحصول كلياً أو جزئياً.

إن نطاق درجة الحرارة المناسب لامتصاص ثاني أكسيد الكربون (CO_2) ليلاً هو بين 25 و15 درجة مئوية نهاراً/ ليلاً للصبّار، نظراً إلى أنّ درجات الحرارة الأعلى في النهار أو الأقل ليلاً تؤدي إلى انخفاض امتصاص الكربون، وهو الأمر الذي يؤدي إلى تدني نمو النباتات وإنتاجها (نوبل 1994؛ نوبل وبوبيتش، 2002). وكذلك تؤثر أنماط درجة الحرارة خلال فترة ظهور البراعم الزهرية (من أواخر الشتاء إلى الربيع) وفترة نمو الثمار (FDP) تأثيراً كبيراً بشكل خاص على الإنتاجية وجودة الثمار. كما أنّ معظم الأنواع لا تتأقلم جيّداً مع الفترات الطويلة من الطقس الرطب البارد (بروتش، 1979).

في معظم البلدان التي تتميز بسقوط أمطار صيفية، يُزرع الصبّار في ظل ظروف يروى فيها بماء المطر؛ مع ذلك يكون الري ضرورياً عندما يتزامن الوقت الجاف من السنة مع فترة نمو الثمار (FDP) أو حيث تكون كمية الأمطار السنوية اقل من 300 مليمتر (إنغليز، 1995). ويُزرع الصبّار بنجاح في المناطق التي تهطل فيها الأمطار في الشتاء عندما يتم توفير مياه للري في أشهر الصيف الجافة الحارة. الحد الأقصى لمعدل الأمطار هو 000 1 مليمتر في السنة (لو هويرو، 1992، 1996أ)، ولكن تعتبر كميات الأمطار المرتفعة عن هذا الحد أقل مثالية حيث إنها تؤدي إلى سوء التلقيح وزيادة وجود الأمراض الفطرية وتشقق الثمار وانخفاض جودتها (فيسلز، 1989).

بالنظر إلى نضارة النبات والثمرة، فإنهما يتضرران بسهولة من سقوط البرد، وينبغي تجنب إنتاج الثمار التجاري في الأماكن المعرّضة لسقوط البرد بشكل منتظم (فيسلز، 1988أ؛ بروتش، 1997أ). الضرر المادي الناتج عن

سقوط البرد يسهل دخول الفطريات المسببة للأمراض (غراناتا، 1995؛ سوارت وآخرون، 2003)، ويتسبب في تشوه مظهر النبات ما يجعل الثمار غير قابلة للتسويق.

أوضح سنيمان (2004، 2005) أنه في عمر السنتين، تشتمل جذور الصبّار (O. ficus-indica) على سبعة في المائة فقط من إجمالي الكتلة الحيوية للنبات، وهو ما يدل على الفارق الكبير بين الكتلة الحيوية تحت الأرض وفوقها في السنوات الأولى من نمو النبات. نتيجة لذلك، قد تتسبب الرياح القوية المصحوبة بالأمطار في انحناء النبات، خاصة عندما تكون النباتات صغيرة ولم ينم النظام الجذري بعد بشكل كامل لكي يبقيها مستقيمة.

من المهم دراسة السمات المناخية الدقيقة بعناية عند اختيار موقع الزراعة الأكثر ملاءمة لإنشاء البستان. وعلى سبيل المثال، يكون الموقع المواجه للشمال أكثر دفئاً من الموقع المواجه للجنوب (نصف الكرة الجنوبي)، ما يؤدي إلى حصاد مبكر وتحسين جودة الثمار.

ورغم إمكانية زراعة الصبّار في مجموعة واسعة من أنواع التربة (إنغليز وآخرون، 2002أ)، من المهم اختيار أفضل أنواع التربة المتاحة من أجل إنتاجية مرتفعة (فيسلز، 1988أ). تعد التربة الرملية أو التربة ذات القوام الرملي مثالية لنمو النبات(فاسكيز ألفارادو وأخرون 2006) ولكن يمكنه النمو في التربة الثقيلة. لاحظ فيسلز)1988ب) أن تصريف المياه في التربة وليس نوع التربة هو العامل المحدد لملاءمتها للصبّار؛ ان هذا النبات حساس جدا لنقص الأكسجين في التربة (ابرتش 1979 لهويرو 1992 و1996 أ) ولكن التربة الرملية جدا ليست لها القدرة على حفظ المياه وهي أكثر عرضة لفقدان العناصر الغذائية (وسيل 1988أ).

تفضل النباتات درجة حموضة محايدة (في الماء) إلى قلوية قليلاً (فيسلز، 1988ب؛ زيغب وآخرون، 2015). ينبغي أن لا يقل عمق التربة التي يتم اختيارها لزراعة الصبّار عن 300 مليمتر (فيسلز، 1988أ)، على الرغم من أن التربة الأعمق (600-700 مليمتر) تكون مفضلة للإنتاج التجاري (إنغليز وآخرون، 2002أ). معظم أنواع الصبّار غير قادرة على تحمّل حتى المستويات المعتدلة من الأملاح الذائبة حول الجذور. وبما أنه يمنع امتصاص ثاني أكسيد الكربون (CO_2)، يؤثر ذلك سلباً على النمو الخضري في التربة التي ترتفع فيها نسبة كلوريد الصوديوم أو كربونات الكالسيوم (نوبل، 1994، 1995). وقد سجّل جرساني وآخرون (1993) انخفاضاً بنسبة 40 في المائة في نمو النبات مع تركيز يبلغ 30 مول لكل متر مكعب (1.76 غرام لكل لتر من كلوريد الصوديوم (NaCl))، و93 في المائة انخفاض مع تركيز يبلغ 100 مول لكل متر مكعب (5.85 غرام لكل ليتر من كلوريد الصوديوم (NaCl).

تحضير التربة

إن تحضير التربة قبل الزراعة أمر أساسي من أجل إنتاج الصبّار بشكل ناجح ولا يمكن القيام به بالشكل الصحيح بعد إنشاء البستان. قد يتطلب الأمر تمهيد الأراضي وتسويتها (إنغليز، 1995)، ويمكن تركيب خطوط إمداد ري وكذلك يتم رسم حدود صفوف الزراعة. وفي المناطق التي يمكن للحيوانات البرية والأليفة أن تتلف النباتات الصغيرة، يجب وضع سياج حول البستان. يجب التعامل مع ظروف التربة غير الملائمة مثل الطبقات الصلبة وتفشي الأعشاب المعمرة وعمق التربة قبل زراعة الصبّار (وسيل 1988ب أنغليز وآخرون 2002أ). توجد حاجة إلى زراعة التربة العميقة (500 مليمتر على الأقل) بواسطة آلة تفتيت/حفار على صف الزراعة لكسر أية طبقات طينية صلدة، وكذلك من أجل تحسين تصريف الماء والتهوية وقدرة الاحتفاظ بالماء. وفي التربة المضغوطة الأثقل، يمكن أن تكون الزراعة العميقة عبر الصفوف مفيدة أيضاً، لأنها تساعد النبات على البقاء على قيد الحياة في السنوات التي يقل فيها سقوط الأمطار حيث يمكن للنبات أن يستخدم ماء التربة من أعماق التربة الأعمق (إنغليز، 1995؛ بوتغيتر، 2001)، ويُنصح بالحراثة الثلمية في التربة الضحلة للغاية (سينغ، 2003). يعد من المهم إزالة الأعشاب المعمرة قبل الإنشاء -إما ميكانيكياً أو كيميائياً- حيث إنها تتزاحم بشكل قوي مع نبات الصبّار، وخاصة في المراحل المبكرة من النمو (فيسلز، 1988ب).

تسميد ما قبل الزراعة

يجب إجراء تعديلات على التربة لتصحيح حالات عدم التوازن في مغذيات التربة ومستوى حموضة التربة قبل الإنشاء. يعد مستوى حموضة التربة (الماء) الذي يبلغ 6.5 - 7.5 هو الأمثل (فيسلز، 1988أ، ب؛ سينغ، 2003). يجب أن تستند استخدامات السماد إلى نتائج تحليل التربة، والتي تشير إلى مستويات مغذيات النبات في التربة (الجدول رقم (1)).

الجدول رقم (1) مستويات مغذيات التربة المثلى المقترحة لإنتاج ثمار الصبّار من أجل الزراعة المروية بالأمطار في مناطق الأمطار الصيفية في جنوب أفريقيا

العنصر	مستوى التربة الأمثل (مليغرام غرام لكل كيلوغرام)
فوسفور (P)	30–20
بوتاسيوم (K)	100–80
كالسيوم (Ca)	400 <
مغنسيوم (Mg)[أ]	150–100

أ يجب أن لا تكون مستويات المغنسيوم (Mg) أعلى من مستويات الكالسيوم (Ca).
المصدر: بوتغيتر، 2001، 2007 (مقتبس).

يجب أخذ عينات من التربة السطحية (0 - 300 مليمتر) والتربة العميقة (300 - 600 مليمتر) من أجل التحليل الكيميائي والفيزيائي. إن التأثيرات الثانوية لمستوى حموضة التربة على توافر المغذيات النباتية الأخرى هي على الأرجح أكثر أهمية من مستوى حموضة التربة في حد ذاته. على سبيل المثال، يصبح الفوسفور (P) أقل توافراً للنباتات عند مستوى حموضة تربة منخفض (نوبل، 1988). إن الجير والفوسفور (P) يكونان ثابتين نسبياً في التربة لذلك فإنه من الضروري مزجهما مزجاً تاماً بالتربة قبل الزراعة. وإضافة إلى خفض النمو الخضري والكتلة الجافة (بيري ونوبل، 1985)، فإن ملوحة التربة المرتفعة تخفض أيضاً من المحتوى المائي للألواح، وامتصاص البوتاسيوم (K) والكالسيوم (Ca)، ونسبة الجذر إلى الألواح (نيرد وآخرون،1991ج). وتساعد إضافة الجبس على إزالة مفعول الأملاح

الزائدة في محلول التربة. ويتفاعل الصبّار بشكل جيد للغاية مع الأسمدة العضوية وهو الأمر الذي يحسّن بنية التربة ومحتوى المغذيات والقدرة على تخزين الماء (إنغليز، 1995؛ سينغ، 2003). وبشكل عام، يحتاج كل هكتار إلى مابين ستة وعشرة أطنان من السماد الحيواني المخلوط جيداً ليتم دمجه في التربة قبل الزرع.

مصدات الرياح

في المناطق المعرضة للرياح، يمكن أن يكون من المفيد زراعة مصدات حيّة للرياح بهدف الحد من تأثيراتها السلبية على بساتين الصبّار. يمكن أن يتسبب هطول الأمطار الغزيرة الذي تصاحبه رياح قوية في انحناء النباتات الصغيرة، ويمكن حتى أن يتسبب ذلك في كسر الفروع والألواح (فيلكروآخرون، 2005). تتأثر مرشات التلقيح ووقاية النبات جميعها سلبياً بالرياح العاتية؛ فمن الصعب القيام بأعمال البستنة (التقليم، تخفيف الثمار، الحصاد) في ظل الرياح الشديدة حيث يمكن أن تتطاير الأوبار الشوكية (فيسلز، 1989). عندما تكون الألواح والثمار النامية قريبة للغاية من بعضها، يمكن أن تتلف الثمار من الاحتكاك خلال هبوب الرياح. يجب تكييف مصدات الرياح الحيّة مع منطقة الزرع، وينبغي أن تنال ما يكفي من الماء والتغذية النباتية لضمان عدم تنافسها مع نباتات البستان. إن شجرة بيفوود الأسترالية شجرة شائعة لمصدات الرياح الحيّة في البساتين (شجرة الكازورينا Casuarina spp.).

اختيار الصنف المزروع

يتفاوت عدد أصناف الصبّار المتاحة للزراعة بشكل كبير بين بلد وآخر. لدى المكسيك وجنوب أفريقيا العديد من الأصناف، في حين أن اختيار الأصناف محدود في معظم الدول المنتجة الأخرى (إنغليزوآخرون، 2002أ). ويعتمد اختيار الصنف المزروع للثمرة الطازجة بشكل أساسي على الظروف المناخية لموقع الزراعة وعلى الطلب في السوق. تختلف أنواع الصبّار وأصنافه المزروعة بشكل كبير فيما يخص إنتاجها المحتمل من الثمار وخصائصها النوعية وقدرتها على التأقلم مع الظروف البيئية. لا تتأقلم الأصناف جميعها بشكل متساو مع منطقة معينة؛ في الواقع، تظهر معظم الأصناف المزروعة تفاعلا قوياً بين النمط الجيني والبيئة (النمط الجيني ((G × البيئة (E) (بوتغيتر، 2007). يجب اختيار الأصناف المزروعة بحكمة؛ فتغيير الصنف المزروع بعد الإنشاء يتطلب تكاليف مرتفعة للغاية، نظراً لأن النباتات ذاتية التجذر، ويكون الإنبات أو التطعيم القمي غير مجد اقتصادياً.

بالإضافة إلى ذلك، يجب أخذ خصائص الصنف المزروع في الحسبان بعناية (**الجدول رقم 2**) قبل اتخاذ قرارنهائي: قد يوجد تفضيل لأصناف محددة لتوزيعها في سوق معيّن. على سبيل المثال، فإن الأصناف المزروعة ذات اللب الأحمر، أو الوردي، أو البرتقالي أو الأصفر تكون مفضلة في معظم أسواق أوروبا وشمال أمريكا، في حين يفضل المستهلكون في جنوب أفريقيا (فيسلز، 1988) والمكسيك (موندراغون جاكوبو وبيريز غونزاليز،1994، 1996) الثمار ذات اللب الأبيض والأخضر. فإذا كان المزارعون يفكرون في تصدير الثمار، يصبح اختيار الصنف المزروع أكثر أهمية حيث تلعب الخصائص مثل المظهر ومقاومة المحصول لتحديات ما بعد الحصاد والنقل وعمر التخزين دوراً رئيسياً في التصدير الناجح. يجب أن يأخذ المنتجون في الحسبان أنه يمكن أن تتأثر بعض خصائص الصنف المزروع بممارسات البستنة. على سبيل المثال، على الرغم من أنه يمكن التحكم في كتلة الثمرة جينياً، فإنه يمكنها أن تتأثر بتخفيف الثمار، والري، والتسميد والتقليم. يتضح أيضاً التباين السّنوي في إنتاج الثمار وجودتها في معظم البساتين التجارية.

الجدول رقم (2) الخصائص الرئيسية للأصناف المزروعة من ثمرة الصبّار في الدول المنتجة في العالم

اسم الصنف المزروع	الدولة	النوع	وجود الشوك من عدمه	لون القشرة الخارجية/اللب	موسم النضج	كتلة الثمرة	اللب	إجمالي المواد الصلبة القابلة للذوبان (TSS)	مناولة ما بعد الحصاد
				50٪ تفرق ألوان القشرة الخارجية	نصف الكرة الأرضية الشمالي	غرام	٪	Brix°	
الجزائري	جنوب أفريقيا	O. ficus-indica	أملس	أحمر/وردي داكن	يوليو/تموز أغسطس / آب	162	59.4	13.9	معتدلة
جيمنو كاربو	جنوب أفريقيا	O. ficus-indica	أملس	أصفر/برتقالي	أغسطس/ آب سبتمبر/ أيلول	170	61.7	11.2	معتدلة
مايرز	جنوب أفريقيا	O. ficus-indica	أملس	أحمر/وردي داكن	يوليو/ تموز أغسطس/ آب	176	60.7	13.6	جيدة
مورادو	جنوب أفريقيا	O. ficus-indica	أملس	أخضر/أبيض	يوليو/ تموز أغسطس/ آب	146	60.0	14.4	سيئة
نودوسا	جنوب أفريقيا	غير معروف	طفيفة	أحمر/أحمر	أغسطس/ آب سبتمبر/ أيلول	236	60.8	11.2	جيدة
رودتان	جنوب أفريقيا	O. ficus-indica	أملس	أصفر/برتقالي	أغسطس/ آب سبتمبر/ أيلول	171	60.7	14.2	معتدلة
توربين	جنوب أفريقيا	O. ficus-indica	أملس	أصفر/برتقالي	يوليو/ تموز أغسطس/ آب	181	55.0	13.6	معتدلة
زاسترون	جنوب أفريقيا	O. ficus-indica	أملس	أخضر فاتح/ أبيض	يونيو/ حزيران يوليو/ تموز	137	57.2	13.5	جيدة
رينا	المكسيك	O. albicarpa	شوكي	أخضر فاتح/ أخضر فاتح	يوليو/ تموز أغسطس/ آب	120	63.7	16.4	سيئة
كريستالينا	المكسيك	O. albicarpa	شوكي	أخضر فاتح/ أخضر فاتح	أغسطس/ آب سبتمبر/ أيلول	207	60.2	12.7	جيدة

(مستكمل)

اسم الصنف المزروع	الدولة	النوع	الشوكية	لون القشرة الخارجية/ اللب	موسم النضج	كتلة الثمرة	اللب	إجمالي المواد الصلبة العالقة (TSS)	مناولة ما بعد الحصاد
				50٪ تفرق ألوان القشرة الخارجية	نصف الكرة الأرضية الشمالي	غغرام	٪	°بركس	
فيلانويفا	المكسيك	O. albicarpa	شوكي	أخضر/أخضر فاتح	يونيو/ حزيران يوليو/ تموز	129	60.9	14.4	سيئة
برونا	المكسيك	O. amyclaea	شوكي	أخضر فاتح/ أخضر فاتح	سبتمبر/ أيلول أكتوبر/ تشرين الأول	217	59.8	12.7	جيدة جدا
روجا سان مارتن	المكسيك	O. ficus-indica	طفيفة	أحمر أرجواني/ أرجواني	يوليو/ تموز أغسطس / آب	116	44.5	13.7	سيئة
نارانجونا	المكسيك	O. megacantha	طفيفة	أصفر/برتقالي	أغسطس/ آب سبتمبر/ أيلول	170	51.7	13.1	جيدة جدا
روجا فيجور	المكسيك	O. ficus-indica		أحمر ناصع/أحمر	يوليو/ تموز أغسطس / آب	174			معتدلة
ديلاهيا	المغرب	O. robusta	أملس	أخضر فاتح/ أخضر فاتح		100	53.1	14.0	
موسى	المغرب	O. ficus-indica	أملس	أصفر/برتقالي	ديسمبر/ كانون الأول	101	51.0	14.4	
عيسى	المغرب	O. ficus-indica	أملس	أصفر/برتقالي		96	50.0		
جيالا	إيطاليا	O. ficus-indica	أملس			103	51.1	13.0	جيدة
روسا	إيطاليا	O. ficus-indica	أملس						
بيانكا	إيطاليا	O. ficus-indica	أملس			112	53.6		
الأصفر عديم الأشواك	الأرجنتين	O. ficus-indica	أملس	أصفر/أخضر				13.9	
عوفر	إسرائيل	O. ficus-indica	أملس	أصفر/برتقالي					
أندي بوي	الولايات المتحدة الأمريكية								
فيرد (كريولا)	جمهورية تشيلي	O. ficus-indica	شوكي	أخضر/أخضر	فبراير-أبريل	132	49.6	13.3	جيدة

تخطيط وتصميم البستان

توجيه الصفوف

على عكس كثافة الأشجار، لا يمكن تغيير توجيه الصفوف، ويكون ثابتا طوال فترة حياة البستان. ووفقاً لنوبل (1982)، تميل ألواح الصبّار لتواجه الشرق والغرب، باستثناء المناطق القريبة من خط الاستواء (< 27°) وفي المناطق التي يحدث فيها النمو الخضري أثناء الشتاء. في هذه الحالات، يكون توجيه الصفوف أمرا أقل أهمية (نوبل، 1982). وفور اتخاذ القرار بشأن توجيه الصفوف، من المهم تحقيق استخدام أمثل للضوء على مظلة الشجرة بأكملها خلال النهار (غارسيا دي كورتازار ونوبل، 1991؛ ستاسن وآخرون، 1995). بينما يكون توجيه الصفوف المفضّل بشكل عام إلى الشمال-الجنوب لالتقاط الإشعاع الشمسي اليومي بشكل متساو في ظل ظروف الطقس المشمس والغائم، ويمكن تكييفها لتلائم خط العرض والموقع وجهة التعرض للفحة الشمس. توجد اعتبارات عملية أخرى، مثل الحقول المنحدرة، حيث يوصى بالزرع على الأطراف لمنع تعرية التربة (إنغليز، 1995؛ ستاسن وآخرون، 1995).

نظم الزراعة

يعتمد اختيار تصميم الزراعة ومسافة الزراعة على حجم البستان وإدارته والأدوات والمناخ وخصوبة التربة وعادات نمو الصنف المزروع ونظام التدريب على الزراعة ووجود الآفات مثل دودة القرمز (فيسلز، 1988ب؛ إنغليز، 1995).

السياج النباتي

يمكن استخدام نظم زراعة متعددة من أجل إنتاج ثمار الصبّار، ولكن في السنوات الأخيرة، أصبحت الأسيجة النباتية مرتفعة الكثافة المزروعة في نظام مستطيل هي القاعدة في البساتين التجارية الكبيرة في جنوب أفريقيا (أونتربيرتنجر، 2006) وإسرائيل (نيرد ومزراحي، 1993) والولايات المتحدة الأمريكية (كاليفورنيا) (Bunch, 1996) والأرجنتين (فيلكروغيفارا، 2001). تتميز الأسيجة النباتية بتكاليف مدخلات أقل. كما أنها تتيح أيضاً تغطية للمرشات أكثر شمولا، ويتم زيادة التقاط الإشعاع الشمسي، مايؤدي إلى إنتاجية أعلى.

الزراعة المستطيلة أو المربعة (الأشجار القائمة بذاتها) في إيطاليا، تتم المباعدة بين الأشجار عادة في تخطيط مربع أو مستطيل؛ مع ذلك، تم تسجيلن نمط مماثل في كلٍ من إيطاليا وإسرائيل في ظروف تباعد مختلفة (إنغليز وآخرون، 1995أ).

التباعد

يختلف التباعد بين النباتات من أجل إنتاج ثمرة الصبّار اختلافاً كبيراً، بناءًا على الموقع الجغرافي والبلد والبيئة. في إيطاليا، تكون مسافات الزراعة عريضة عادة وتتفاوت من 6 × 6 متر (278 نبتة في كل هكتار) إلى 4 × 6 متر (416 نبتة في كل هكتار) (إنغليز، 1995؛ إنغليز وآخرون، 2002ب؛ توديسكا وآخرون، 2015). في أجزاء أخرى من البحر المتوسط، يتم التباعد بين النباتات لتكون أقرب إلى بعضها. على سبيل المثال، في إسرائيل، يتم استخدام 1.5 متر في الصف و4 متر بين الصفوف (1666 نبتة في كل هكتار) من أجل زيادة الثمار في المراحل المبكرة من فترة حياة البستان (نيرد ومزارحي، 1993). تم تسجيل كثافة نباتات تتراوح بين 2000-500 نبتة في كل هكتار في الأردن حيث تكون النباتات في الصفوف متباعدة بمسافة من متر إلى ميتران، وتكون الصفوف متباعدة بمسافة 10-5 أمتار ويتم وضعها عادة على الأطراف (نصر، 2015). في كاليفورنيا، يكون التباعد بين النباتات بمسافة 4-1.5 متر في صفوف متباعدة بمسافة من أربعة إلى ستة أمتار (830 - 1 666 نبتة في كل هكتار) (بونش، 1996). في المزارع الكبيرة في المكسيك، يتم التباعد بين النباتات بمسافة 4 × 5 متر (500 نبتة في كل هكتار) (بيمينتا باريوس، 1990). في نصف الكرة الجنوبي، يتم إنشاء معظم البساتين الجديدة في جنوب أفريقيا بمسافة تتراوح بين 2 × 5 متر إلى 2 × 4 متر داخل الصفوف وبينها (000 1 - 250 1 نبتة في كل هكتار) في نظام سياج نباتي. أفاد تارغا وآخرون (2013) عن تباعد بين النباتات يبلغ متر ونصف في الصف وستة أمتار بين الصفوف (111 1 نبتة في كل هكتار) كأسيجة نباتية متواصلة في الأرجنتين.

بصرف النظر عن التباعد المستخدم، من المهم إبقاء صف عمل مفتوح يبلغ 1.8 متر تقريباً من أجل حركة الآلات الزراعية (فيسلز، 1988ب؛ جيتنز 1993).

الزراعة عالية الكثافة

توجد مشكلة عامة في زراعة الصبّار، وهي تحدث عندما يتم السماح للنباتات بأن تصبح كبيرة للغاية، ما يؤدي إلى نشوء غابات بدلاً من بساتين منتجة. وتصبح أجزاء كبيرة من هذه الأشجار الكبيرة، خاصة في الأجزاء السفلية من ظلة الأشجار، مظلّلة تماما (ليغوري وإنغليز، 2015). نتيجة لذلك، تقتصر مجموعة الثمار على خارج ظلة الأشجار وتكون تكاليف العمالة مرتفعة عند الحصاد. فنظراً للتكاليف المتزايدة بشكل مستمر للأرض ومدخلات الإنتاج، من الضروري إعادة تقييم نظم الزراعة والكثافة وإدارة الأشجار في ما يتعلق بإنتاج الثمار وجودتها (ستاسن وآخرون، 1995؛ ليغوري وإنغليز، 2015). إن الكثافات الزراعية المنخفضة غير مبرّرة اقتصادياً؛ ومع ذلك، توجد مدرستان حول تباعد النباتات:

زراعة الأشجار على نطاق مكثف وإزالة بعضها عندما يحدث التداخل بينها: يكون الهدف من ذلك هو الحصول على حقل كثيف في وقت مبكر. يزيد التباعد متر إلى متر ونصف ضمن الصف الواحد من الإنتاج في السنوات المبكرة ،ولكن يمكن أن يؤدي ذلك إلى زيادة الظل بعد سنوات قليلة. بناء على ذلك، يكون من الضروري إجراء المزيد من التقليم وإزالة الأشجار كل بضع سنوات لتفادي انخفاض الإنتاج وجودة الثمار (إنغليز وآخرون، 1995أ؛ إنغليز وآخرون، 2002أ). يوصي كلمن باربرا وإنغليز (1993) بالمزيد من التقليم في كل بقعة زراعة، مباعدة بمسافة 4 متر، ما يؤدي إلى زيادة مؤشر مساحة الجذع (SAI) بشكل سريع. يؤدي هذا إلى نمو الاشجار مع وجود معظم الإنتاج على الألواح الخارجية. مع ذلك، تصبح الأشجار ذات ارتفاع 3.5-3 متر وعرض 4.5-4 متر بسرعة، ما يؤدي إلى زيادة كلفة التقليم والقطف (إنغليز وآخرون، 1995أ). إضافة إلى مشكلة الظل الزائد، تساعد ظلال الأشجار الكثيفة أيضاً في تفشي حشرات دودة القرمز وخفض فعالية مكافحة الآفات (إنغليز، 1995ب). تعطي كثافة النباتات المرتفعة (500 2 نبتة في كل هكتار) ناتج ثمار مرتفع (أكثر من 30 طنا في كل هكتار) من النباتات التي يقدر عمرها بثلاث سنوات؛ مع ذلك، يحدث نمو خضري أكثر من النمو التكاثري كلما تقدم عمر النبات (غارسيا دي كورتازار ونوبل، 1992).

زراعة الأشجار وفقا لتباعد واقعي عالي الكثافة واستخدام نظم إدارة الأشجار لتحديد شكل الشجرة واحتوائها داخل المساحة المخصصة لها (ستاسن وآخرون، 1995): يزيد التباعد القريب داخل الصف من غلة الثمار في النباتات الصغيرة إلى الحد الأقصى حيث يزداد عدد الألواح الخصبة في كل وحدة مساحة (إنغليز وآخرون، 2002أ). يعتمد هذا النهج على استخدام تقنيات معالجة للحفاظ على حجم محدد للنبتة. يجب أن لا يتجاوز ارتفاع الشجرة 80 في المائة من العرض بين الصفوف لتفادي تظليل الأجزاء السفلية من السياج النباتي (ستسان وآخرون، 1995) وهو الأمر الذي يجعل هذه المناطق مثمرة بشكل أقل. في حال تم تعديل وتقليم الأشجار سنوياً تعتبر هذه الاستراتيجية أكثر فعالية من تكثيف النباتات الأقل ارتفاعاً. لكن إذا لم يكن التعديل الدوري لحجم الأشجار متاحاً لبعض الأسباب، فمن المستحسّن الحفاظ على كثافة أشجار منخفضة.

الإنشاء

يعتمد كل من تجذير الألواح والنمو الخضري اللاحق في الحقل على العديد من العوامل. أظهرت الملاحظات في العديد من البساتين التجارية درجة عالية من التغير رغم استخدام المواد النباتية الخضرية (بروتش، 1979؛ فيسلز، 1988أ)، ما يدل على الحاجة إلى اختيار المواد النباتية بعناية.

اختيار المواد النباتية وتحضيرها

يتم نشر الصبّار من أجل أغراض إنتاج الثمار في المقام الأول بطريقة الاستنساخ لضمان التطابق (فيسلز، 1988ب). إذا لم يكن لدى المزارعين

نباتات الصبّار الخاصة بهم، ينبغي طلب مواد نباتية مسبقاً من المنتجين الذين يمتلكون مواد نباتية ذات نوعية جيدة. يتم استخدام فسائل الألواح المفردة والمتعددة في جميع أنحاء العالم من أجل إنشاء البساتين.

الفسائل المفردة

يمكن استخدام الفسائل الفردية (الألواح) التي تبلغ من العمر سنة أو سنتين، على الرغم من أن الفسائل التي تبلغ من العمر سنة تنمي جذوراً أكثر وأطول من الفسائل التي تبلغ من العمر سنتين (أربا، 2009ب). بصفة عامة، ينبغي اختيار الألواح المفردة الناضجة الكبيرة الطرفية ذات الشكل الموحد والخالية بصرياً من أية عيوب وحشرات وأمراض كمواد نباتية (بوتغيتر، 2007). ذكرت باربرا وآخرون (1993ب) وفيسلز وآخرون (1997) أن المساحة السطحية والكتلة الجافة للفسيلة لها تأثير كبير على التجذير والتبرعم الناجح في الفسائل. تسمح مساحة سطحية تبلغ 500 سنتيمتر مربع أو كتلة جافة تتراوح بين 70 - 100 غرامغرام بنمو جيد للنبات. يوصي إنغليز (1995) بوضع فسيلتين متوازيتين يتم التباعد بينهما بمسافة 0.4 متر عند بقعة زراعة واحدة من أجل تطوير ظلة بشكل سريع، أو بشكل بديل 3-4 فسائل مفردة موضوعة في مثلث أو مربع مباعد بينها بمسافة 0.3 متر. على الرغم من أن هذه الطريقة تتميز بتطوير ظلة بشكل أسرع، فإنها تؤدي إلى تباعد أوسع داخل الصف وتتطلب كميات كبيرة من المواد الزراعية (إنغليز، 1995؛ موندراغون جاكوبو وبيمينتا باريوس، 1995). تتميز الألواح المفردة كوحدات تكاثر بتكاليف نقل منخفضة ومناولة أسهل أثناء عملية الزراعة.

الفسائل المتعددة

يمكن نشر الصبّار أيضاً باستخدام ألواح ناضجة ملحقة (واحدة، أو اثنتين أو أكثر)؛ تعد هذه ممارسة شائعة في صقلية حيث يتم استخدام فسائل متعددة تبلغ من العمر 2 - 3 سنوات (توديسكا وآخرون، 2015). يتم وضع معظم الساق الورقية القاعدية تحت الأرض لضمان ثبات النبات (إنغليز، 1995). تسمح فسائل الألواح المتعددة بنمو النبات بشكل سريع والإثمار المبكر عن الألواح المفردة بعد الزراعة (حمراني بقالي، 2013؛ نصر، 2015). مع ذلك، نظراً لحجمها وكتلتها، فهي أكثر صعوبة في المناولة والنقل.

يمكن معالجة الفسائل لمدة ما بين أربعة وستة أسابيع في ظل جزئي على سطح جاف للسماح لجرح الفسيلة بأن يلتئم (بوتغيتر، 2001؛ إنغليز وآخرون، 2002أ). وبدلاً من ذلك، يمكن استخدام مواد مبيدة للفطريات متنوعة قائمة على النحاس لمعالجة جرح الفسيلة قبل الزراعة (إنغليز، 1995). من أجل منع دخول الحشرات (على سبيل المثال، دودة القرمز وعث الصبّار) إلى مناطق الزراعة الجديدة، يوصى بتطهير الألواح تماما بمبيد حشرات معروف قبل الزراعة. تكون الأطوار غير الناضجة لحشرة دودة القرمز بالكاد مرئية بالعين المجردة وقد يجلب المنتجون عديمو المعرفة بالحشرة القرمزية إلى مناطق كانت خالية منها، ما يمكن أن يؤدي إلى عواقب وخيمة. ينبغي غسل الألواح بخليط مبيد الحشرات باستخدام فرشاة ملساء للقضاء على أية حشرات يحتمل وجودها.

عمق الزراعة وطرقها

في التربة الرملية، تحتاج الفسائل إلى زراعتها بشكل أعمق من التربة الأثقل لمنع الانحناء؛ وكذلك، ينبغي زراعة الألواح الصغيرة بشكل أعمق من أجل ضمان التجذير بشكل كاف. يوجد ثلاث طرق لزراعة الصبّار: قائم؛ على الجانب عند زاوية 45-30 درجة؛ أو مسطح.

يعد الوضع القائم الوضع الأكثر شيوعاً (إنغليز، 1995) والمفضل من أجل إنتاج الثمار. تتم زراعة الفسائل بشكل قائم (عمودياً) مع وضع طرف القطع في التربة. تتجذر النباتات بشكل سريع وتنمو نبتة ثابتة (أربا، 2009ب؛ أربا وبن راشد، 2013). ينبغي وضع الألواح بحيث تكون الجوانب المسطحة في اتجاه صف العمل. ومن أجل ضمان التلامس الملائم بين الفسيلة والتربة، تحتاج التربة إلى أن يتم تثبيتها حول اللوح بعد الزراعة. يعد العيب الوحيد لطريقة الزراعة هذه التعفن المحتمل عند موضع القطع (فيسلز، 1988ب).

وقت الزراعة

تصل الجذور والألواح إلى أعلى معدل نموها أثناء أواخر الربيع إلى أوائل الصيف (فيسلز، 1988ب). في مناطق هطول الأمطار الصيفية، تستفيد الألواح المغروسة حديثاً من الأمطار التي تهطل بعد الزراعة (بيمينتا باريوس، 1990؛ سينغ، 2006). يمكن تمديد عملية الزراعة إلى منتصف الصيف في المناطق ذات الشتاء المعتدل. تتمثل الفكرة في جعل النبات مترسخاً جيداً وأن ينجو من ظروف الشتاء الأكثر برودة. مع ذلك، يوصى بالزراعة في الخريف في المغرب (نصر وجمجوم، 2002؛ نصر، 2015) وفي الأردن (حمراني بقالي، 2013) حيث نتج عن ذلك نظم تجذر مترسخة جيدا في الشتاء ونمو قوي في الصيف وإثمار مبكر.

الاهتمام بالألواح المغروسة حديثا

تعزز عملية ري واحدة أو اثنتان (عشر لترات لكل نبتة) في خزان أرضي صغير حول النبتة عملية نمو الجذور، ولكن ينبغي الحرص على عدم الإفراط في ري النباتات الصغيرة (بوتغيتر، 2001). يمكن أن تنتج الألواح المثبتة حديثا ثماراً بشكل سريع بعد زراعتها. نظراً للحاجات التغذوية المرتفعة لهذه الثمار وتأثيرها على نمو النبات، يفضل إزالتها في سنة الإنشاء (فيسلز، 1988ب؛ إنغليز، 1995). يمكن ترك محصول خفيف من سنة الإنتاج الأولى لكي ينضج.

إدارة البستان

مكافحة الأعشاب الضارة

بينما يتأقلم الصبّار جيدا مع المناطق القاحلة وشبه القاحلة ويمكن أن ينجو في ظل ظروف الجفاف الشديد، تبيّن أن مكافحة الأعشاب الضارة تحسّن من الإنتاجية (فيلكروراسل، 1988)، وخاصة في المزارع الحديثة (إنغليز وآخرون، 1995أ). ترجع حساسية النبات لتنافس الأعشاب الضارة

إلى نظام جذوره السطحي للغاية (فيلكروراسل، 1988؛ سنيمان 2005)، حيث تتنافس في مستوى التربة نفسه مثل الأعشاب الضارة على المغذيات والماء. أظهركل من نوبل ودي لا باربرا (2003) أن 95 في المائة من جذور نباتات الصبّار الناضجة تنمو عند عمق تربة يتراوح بين 40 - 470 مليمتر، في حين أفاد سنيمان (2006أ) بأنه يمكن للجذور أن تمتد على مسافة 2.5 متر من جذع النبات خلال سنتين. يمكن استخدام طرق متنوعة لمكافحة الأعشاب الضارة، ولكن يجب أن يقتصر حرث التربة على الحد الأدنى، من أجل تفادي تدمير نظام الجذور السطحية (إنغليز، 1995). ومن الأفضل تنفيذ مكافحة الأعشاب الضارة في مرحلة مبكرة من النمو عندما يكون التنافس مع محصول الصبّار عند أدنى حد له (فيسلز، 1988أ؛ إنغليز، 1995).

المكافحة الكيميائية للأعشاب الضارة

نظراً إلى تكاليف العمالة المرتفعة، تعد المكافحة الكيميائية للأعشاب الضارة هي القاعدة في الإنتاج التجاري للثمار. يمكن استخدام مجموعة من مبيدات الأعشاب، ولكن يجب على المزارعين استخدام المبيدات المسجلة في بلدانهم. يفضل أن يتم التحكم في الأعشاب لتكون عند 1.5-1 متر على جانبي صفوف الزراعة (بوتغيتر، 2001)؛ وحيث يكون خطر تعرية التربة محدوداً، يمكن تنفيذ مكافحة كاملة للأعشاب الضارة (بروتش، 1979؛ فيلكر وآخرون، 2005). ونظراً إلى أن نبات الصبّار حديث النمو يكون حساساً للغاية لمبيد الأعشاب، ينبغي تفادي الرش في الأيام العاصفة. وحيثما تحتوي أقسام الجذع السفلية على الكلوروفيل، ينبغي حماية الجذع أثناء الرش لتفادي الضرر الناتج عن مبيد الأعشاب.

المكافحة الميكانيكية للأعشاب الضّارة

في نظام الزراعة في سياج نباتي، يفضّل مكافحة الأعشاب الضارة في الصف بواسطة وسيلة ميكانيكية عندما تكون نباتات الصبّار صغيرة نظراً لحساسيتها لمبيدات الأعشاب (بوتغيتر، 2007). مع ذلك، في نظم الزراعة المربعة ذات النباتات القائمة بذاتها المزروعة لتنمو على شكل كروي، تبقى مكافحة الأعشاب الضارة يدوية لأن نظام التعديل هذا يجعل من الصعب استخدام الأدوات الزراعية العادية بين الأشجار (إنغليزوباربرا، 1993). في الأنظمة الزراعية الأصغر حجماً أو التقليدية أكثر حيث هناك إمكانية محدودة للوصول إلى مبيدات الأعشاب، يمكن أن يتم تحريك التربة بين صفوف النباتات لإزالة الأعشاب الضارة من الحقول (نصر، 2015؛ تودسيكا وآخرون، 2015). على الرغم من أن المكافحة الميكانيكية للأعشاب الضارة ليست مثالية، فإنها أفضل من عدم وجود مكافحة للأعشاب الضارة على الإطلاق (فيلكر وراسل، 1988).

الشرائط العشبية الدائمة

عندما يتم زراعة البساتين على المنحدرات، من الضروري المحافظة على شريط عشبي وقطعه بشكل منتظم بين الصفوف لمنع تعرية التربة (بوتغيتر، 2001). يمكن قطع الأعشاب الضارة وتركها على سطح التربة كغطاء عضوي وقائي للاحتفاظ بالرطوبة والحد من نمو الأعشاب الضارة (إنغليز، 1995).

نظم التقليم والتعديل

يرتبط اختيار نظام تقليم وتعديل مناسب للصبّار ارتباطاً وثيقاً بنظام الزراعة والتصميم والتباعد الذي يتم اختياره في مرحلة الزراعة. إن السبب الرئيسي من أجل التقليم هو ضمان الحد الأقصى من التقاط الإشعاع النشط في البناء الضوئي (PAR) بواسطة الألواح الطرفية. ستنتج معظم الألواح الطرفية المعرضة لضوء شمس كاف براعم زهرية (نيرد ومزراحي، 1995ب)، في حين تكون الألواح المظللة عادة قليلة الإنتاج أو غير خصبة (فيسلز، 1988أ؛ بيمينتا باريوس، 1990؛ إنغليزوآخرون، 2010). بناء على ذلك، من أجل ضمان امتصاص ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وخصوبة الألواح العمودية، من المهم منع التظليل الزائد للألواح (بيمينتا باريوس، 1990؛ إنغليزوآخرون، 1994أ) خاصة خلال الأسابيع الثمانية الأخيرة قبل ظهور البراعم الزهرية في الربيع (باربرا وآخرون، 1993أ؛ سيكالا وآخرون، 1997). تتضمن الفوائد الأخرى للتقليم: التحكم في حجم النبات، وتعديل النبات ليكون في سياج نباتي، وزيادة الثمار، وتحسين حجم الثمار، واكتشاف الآفات بشكل أسهل ومكافحتها، والقطف واعادة الحيوية إلى النباتات القديمة بشكل أسهل (هستروكاشو، 2003؛ إنغليزوآخرون، 2009، 2010). ينبغي إزالة ما يتراوح بين 20 و50 في المائة من الألواح الطرفية من خلال التقليم (أولوفس وآخرون، 2006). لكن من شأن التقليم الزائد أن يخفض الناتج ويساهم في النمو الخضري القوي في الموسم التالي (إنغليز وآخرون، 2002ب). ينبغي إزالة جميع الألواح المريضة والصغيرة والتالفة.

التقليم التشكيلي

يبدأ التقليم التشكيلي في السنة الأولى من إنشاء البستان ويتم تعديله إلى تقليم إنتاجي عندما تبدأ النباتات في الإثمار (تارغا وآخرون، 2013؛ نصر، 2015). إن الهدف من التقليم التشكيلي هو توجيه النمو الخضري إلى الشكل المراد للنبات. في البلدان حيث يتم استخدام الأسيجة النباتية مرتفعة الكثافة، يتم تقليم النباتات لتكون ذات شكل هرمي (بوتغيتر، 2001). حيثما تكون نظم الزراعة المربعة ذات تباعد أوسع شائعة الاستخدام، يتم تقليم النباتات على شكل مزهرية أو كرة (إنغليز، 1995). لا تكون لهذه النباتات ألواح رئيسية، ما يؤدي إلى نباتات كبيرة ذات عدد مرتفع من الألواح الموزعة حول الجزء الخارجي من الظلة (إنغليزوآخرون، 2002أ).

التقليم الإنتاجي

يتم استخدام التقليم الإنتاجي للحفاظ على توازن جيد بين النمو الخضري والنمو التكاثري مع عدد كاف من الألواح الطرفية من أجل إزهار السنة التالية (مولاس وديهالوين، 1992). يؤثر كل من الظروف البيئية وعادات نمو الصنف المزروع وتباعد النباتات في كثافة الظلة (إنغليزوآخرون، 2002أ). يساعد خفض كثافة الظلة من خلال التقليم في تسهيل ممارسات البستنة (على سبيل المثال، تخفيف الثمار، قطع البراعم الربيعية، القطف) ويساهم في تحسين جودة الثمار (إنغليزوآخرون، 2002أ، 2010). يفضل أن لا يتجاوز ارتفاع النباتات 1.8 متر من أجل تفادي استخدام السلالم للقيام بأعمال البستنة (بوتغيتر، 2001؛ نصر، 2015).

التقليم التجديدي (التشبيب)

في حال المزارع القديمة للصبّار، تكون شيخوخة الظلة وانخفاض الإنتاج وعدم انتظامه بشكل ملحوظ أمراً شائعاً (مولاس وديهالوين، 1992). يمكن إعادة الحيوية إلى النباتات القديمة من خلال قطع النبتة مرة أخرى إلى ارتفاع يبلغ 0.5 مترفوق مستوى التربة. ينبغي ترك ثلاثة أو أربعة جذوع رئيسية فقط متباعد بينها بشكل جيد من أجل تطوير النبتة الجديدة. كما أنه لحمايتها من لفحة الشمس، ينبغي طلاء النبتة بأكملها بمزيج من كحول بوليفينيل (PVA) أبيض مع الماء بنسبة 1:1. مع كتلة جذور راسخة كبيرة، تستمر النبتة في الإثمار لمدة سنتين أو ثلاث سنوات بعد التقليم التجديدي (فيسلز، 1988ب؛ مولاس وديهالوين، 1992). ينبغي تخفيف الألواح الحديثة من أجل منع تكدس الألواح.

التقليم الصيفي

إن الإزالة الكاملة للسيقان الورقية النامية حديثاً في الربيع هي ممارسة شائعة في صقلية، وذلك للحد من التنافس بين نمو الثمار والنمو الخضري. لكن من شأن هذه الممارسة أن تؤدي إلى عدم انتظام في الإثمار (إنغليز وباربرا، 1993؛ إنغليز وآخرون، 2002ب). لا يُنصح بالتقليم الصيفي في المناطق ذات الشتاء البارد، لأن الألواح التي تنمو في وقت متأخر من الموسم لن تمتلك الوقت الكافي للتصلب قبل الشتاء عندما تكون عرضة للضرر الناتج عن الصقيع (فيسلز، 1988ب). مع ذلك، في جنوب أفريقيا، يتم تنفيذ تخفيف بعض الألواح النامية الزائدة في الربيع وفي أوائل الصيف. يمكن أن تتسبب الألواح النامية حديثا والقريبة من براعم الزهور في الاحتكاك مع قشرة الثمار، ما يجعلها غير قابلة للتسويق نتيجة للتلف الشكلي (فيسلز، 1988ب؛ بوتغيتر، 2001).

إن أفضل وقت للتقليم هو بعد قطف الثمار على أن لا يتجاوز ذلك شهرين قبل تفتح البراعم الزهرية (فيسلز، 1988ب). سينتج التقليم المتأخر، وخاصة في الأشجار المكتظة، ألواحا غير معرضة لإشعاع نشط في ال البناء الضوئي (PAR) كاف لجعلها خصبة. وفي جنوب أفريقيا، يتم إجراء التقليم من أبريل/ نيسان إلى يوليو/ نيسان (خريف/ شتاء)، عندما يكون النبات في مرحلة عدم النمو النشط (فيسلز، 1988ج؛ بوتغيتر، 2001). على نحو مماثل، في المكسيك، يقترح بيمينتا باربوس (1986، 1990) أن يكون التقليم من نوفمبر/ تشرين الثاني إلى مارس/ آذار (الشتاء).

التسميد

يؤثر النقص في المغذيات المعدنية في أيض نبات الصبّار مع تأثير سلبي على إنتاج الثمار وجودتها (نيرد ومزراحي، 1992؛ زغبيد ومينغويز وآخرون، 2014). من أجل تقديم توصيات متعلقة بالتسميد، فإنه من الضروري النظر في حالة المغذيات النباتية للألواح الطرفية وكذلك احتياطات المغذيات المتاحة في التربة.

إن نتائج التغذية النباتية التي تم تسجيلها في ثمار الصبّار وجودتها متعارضة ومتناقضة للغاية ما يجعل إعطاء التوصيات حول التسميد أمراً صعبا. تختلف نباتات الصبّار عن معظم نباتات المحاصيل الأخرى، من الناحية الفسيولوجية ومن ناحية الشكل والبنية على حد سواء، ولهذا السبب، فإن توصيات الأسمدة المطبقة على المحاصيل الأخرى ليست ذات فائدة تذكر (نوبل، 1983، 1988؛ ماغالانس كينتانا وآخرون، 2006). في ظل غياب الإجماع حول تسميد الصبّار، يزود **الجدول رقم (3)** المزارعين بمعايير مؤقتة واسعة النطاق لتحليل التربة والنسيج النباتي، في حين يبين **الجدول رقم (4)** إرشادات توجيهية عامة للتسميد عندما لا تتوافر نتائج لتحليل التربة.

الجدول رقم (3) المعايير المؤقتة للتربة والنسيج النباتي من أجل إنتاج ثمار الصبّار

متغيرات التربة	المعيار	الألواح	المعيار (٪ من المادة الجافة (DM))
مستوى الحموضة (الماء)	7.5 - 6.5	نتروجين (N)	→
فوسفور (P) (مليغرام لكل كيلو غرام)	20-30	فوسفور (P)	0.3 - 0.1
بوتاسيوم (K) (مليغرام لكل كيلو غرام)[أ]	80-100	بوتاسيوم (K)	4.0 - 1.5
كالسيوم (Ca) (مليغرام لكل كيلو غرام)	400 <	كالسيوم (Ca)	4.5 - 2.0
مغنيسيوم (Mg) (مليغرام لكل كيلو غرام)	100-150	مغنسيوم (Mg)	1.5 - 1.0
صوديوم (Na) (مليغرام لكل كيلو غرام)	200 <	صوديوم (Na)	0.03 - 0.02
منغنيز (Mn) (مليغرام لكل كيلو غرام)	30-70		
كالسيوم (Ca)/نتروجين (N)	4.0		
بوتاسيوم (K)/نتروجين (N)	3.4		
نتروجين (N)/فوسفور (P)	4.5		
كالسيوم (Ca)/مغنسيوم (Mg)	3.0		

[أ] إذا كان (كالسيوم (Ca) + مغنسيوم (Mg))/بوتاسيوم (k) أعلى من ثمانية في التربة الرملية أو أدنى من خمسة في التربة الطينية ، يتم استخدام البوتاسيوم (K).

→الأشجار الصغيرة (أقل من سنتين): 0.6 - 0.8 في المائة الأشجار الناضجة (أكثر من ثلاث سنوات): 0.9 - 1.3 في المائة

الجدول رقم (4) توصيات تسميد مؤقتة من أجل إنتاج الثمار حيث لا تتوافر نتائج تحليل التربة (المغذيات النباتية بالكيلوغرام لكل هكتار في السنة)

العنصر الغذائي	السنة 1	السنة 2	السنة 3	> السنة 4
نتروجين (N)	50	50	70	100
فوسفور (P)	10	10	20	30
بوتاسيوم (K)	20	20	30	50
مغنسيوم (Mg)	10	10	20	40

أظهر بحث التغذية المعدنية على الصبّار في العديد من البلدان أن استخدام السماد العضوي وغير العضوي على حدٍ سواء، يكون مفيداً بصفة عامة في إنتاج الثمار. تؤثر العناصر الغذائية على المورفولوجيا الخضرية والتكاثرية وإنتاج الثمار وجودتها، حيث إنّ لهذه العناصر التأثير الأكبر على إنتاج الثمار (زغبيد ومينغويز وآخرون، 2014؛ أربا وآخرون، 2015ب) من بين جميع المغذيات النباتية، يعد النتروجين (N) المادة الغذائية الأكثر أهمية (نوبل، 1983)، مع كون أعلى قيم من النتروجين (N) موجودة في الألواح الخصبة الصغيرة (نوبل، 1988). لكن، يمكن أن تؤدي التركيزات المرتفعة للغاية من النتروجين (N) (أكثر من 2.2 في المائة) في الألواح التي تبلغ من العمر سنتين أوثلاث سنوات إلى نمو خضري زائد مع ارتفاع تكاليف المدخلات المصاحبة وانخفاض خصوبة الألواح وتطور سيء للون الثمار ونضج غير متساوٍ (بوتغيتر ومخاري، 2000؛ إنغليز وآخرون، 2002أ). يتراوح نطاق تركيز الفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) المسجّل في نسيج النبات من 0.3-0.06 في المائة إلى 3.5-0.06 في المائة، على التوالي (نوبل، 1983، 1988؛ أربا وآخرون، 2015ب). إن الكالسيوم (Ca) والبوتاسيوم (K) هي العناصر المعدنية الأكثر وفرة في الألواح، وربما أكثر وفرة من النتروجين(N) (غاليتزي وآخرون، 2004). علاوة على ذلك، يمكن أن يصل المغنيسيوم (Mg) في الألواح الصغيرة إلى مستويات تعادل 1.47 في المائة (ماغالانس كينتانار وآخرون، 2006). وبناء على ذلك، فإن النتروجين (N) والفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) والكالسيوم (Ca) والمغنسيوم (Mg) جميعها عناصر محددة لإنتاج ثمار الصبّار إذا تمت زراعته في تربة تعاني من نقص المغذيات (ماغالانس كينتانار وآخرون، 2006). ويتأثر تركيز المغذيات في الألواح بكمية الثمار وموضع الألواح وعمر النبتة ونسيج النبتة الذي تم تحليله والموسم (نيرد ونوبل، 1995؛ غوغلويزا وآخرون، 2002أ).

في الصبّار، يمكن تحفيز إزهار البراعم بشكل إضافي باستخدام النتروجين (N) بعد إزالة الحصاد الصيفي. وفقا لما ذكره نيرد وآخرون (1993ب)، يزداد عدد براعم الزهور مع ارتفاع مستويات النتروجين (N) إلى ما يصل حتى 120 كيلوغرام لكل هكتار، في حين يرتبط تركيز النتروجين (N) في نسيج الألواح إيجابياً بعدد الزهور التي نمت. كما وجد كل من نيرد ومزراحي (1995ب) أن إزهار البراعم في الخريف يكون أعلى في النباتات الصغيرة (أقل من ست سنوات) من النباتات الأكبر سنا. مع ذلك، يمكن أن يكون لنظم الإنتاج المرتفع ذات حصاد المحصولين من الثمار في السنة متطلبات تغذية إضافية (غرينيوالد، 1996).

نتيجة للعلاقة التآزرية بين التسميد والري، ينبغي أن يُستخدم السماد عندما تتوافر أمطار كافية أو ري كاف (نيرد وآخرون، 1989؛ موندراغون جاكوبو، 1999). في البلدان ذات مناخ البحر المتوسط، يحدث التسميد في الشتاء (باربرا وآخرون، 1992أ؛ إنغليز، 1995) مع كون الري المدعّم بالسماد يُستخدم على مدار السنة في إسرائيل (نيرد وآخرون، 1991ب). أفاد نيرد وآخرون (1989، 1991ب) وأوتشوا وأوهارت (2006ج) بأن استخدام مسمّد NPK (المركّب من النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) في الشتاء يزيد من إنتاج البراعم الزهرية في الربيع التالي. مع ذلك، وفقاً لغارسيا دي كورتازارونوبل (1991)، إن أفضل وقت لاستخدام السماد هو خلال الأشهر الأكثر دفئاً نتيجة لكثافة تدفق الفوتون في البناء الضوئي (PPFD) بشكل أعلى في الصّيف. في المكسيك، يتم استخدام نصف كمية النتروجين (N) وجميع الفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) خلال الري في بداية موسم تفتّح البراعم الزهرية، ويُستخدم النصف الآخر من النتروجين (N) بعد القطف (زغبي دومينغويز وآخرون، 2014). في ظل ظروف الري بالأمطار (الأمطار الصيفية)، يمكن استخدام نصف النتروجين (N) والبوتاسيوم (K) وجميع الفوسفور (P) مباشرة بعد قطف الثمار، والكمية المتبقية حتى نهاية شهر مارس/ آذار (فيسلز، 1988ب)، في حين يمكن المعالجة بالجير في أي وقت من السنة، ولكن يفضّل أن يتم ذلك بعد شهر واحد على الأقل من التسميد بالنتروجين (N) (كلاسنسوفيسلز، 1997).

الري

إن قدرة التحمل الإستثنائية للجفاف وفعالية استخدام الماء (WUE) المرتفعة لنباتات الصبّار (هان وفيلكر، 1997؛ زغبيد ومينغويز وآخرون، 2015) هي من الأسباب الأساسية في شهرته كمحصول يروى بمياه الأمطار في العديد من مناطق العالم ذات معدل هطول الأمطار المنخفض والنقص في ماء الري. وعلى الرغم من أنه يمكن للنبات أن يعيش في المناطق التي تستقبل 200 مليمتر في السنة (أسيفيدو وآخرون، 1983)، يعتبر نطاق هطول الأمطار الأمثل لإنتاج الصبّار بين 400 و600 مليمتر في السنة، ولكن يلعب النوع التربة أيضاً دوراً مهماً في تحديد الاحتياجات الفعلية للنباتات من الماء (لوهويرو، 1992، 1994). على الرغم من أنه يمكن تحقيق إنتاج كبير من الثمار في ظل ظروف هطول الأمطار القليلة والري بماء الأمطار (بوتغيتر، 2007)، يُنصح باستخدام الري التكميلي في مناطق هطول الأمطار

الصيفية حيث يتم استقبال أقل من 300 مليمتر في السنة (مولاس ديهالوين وديهالوين، 1997؛ فان ديرميرف وآخرون، 1997). بالإضافة إلى ذلك، فإن الري خلال فترات المناخ غير المرغوب فيه - مثل نوبات الجفاف خلال موسم الأمطار، أو عندما تتأخر أمطار الربيع - يكون مفيداً (فيسلز، 1988د). وفي مناخ البحر الأبيض المتوسط، حيث يكون معظم هطول الأمطار في الشتاء، يكون الري التكميلي في الصيف أمراً لا غنى عنه من أجل ناتج مرتفع وجودة عالية (مولاس ديهالوين، 1997؛ حمراني بقالي، 2013). بناء على ذلك، فإن ري الصبّار ممارسة شائعة في إيطاليا وإسرائيل والأردن والمغرب وشيلي ومناطق هطول الأمطار الشتوية في جنوب أفريقيا.

للري التكميلي فوائد أكيدة للصبّار، خاصة خلال مراحل هامة معينة من نمو النبات وتطوره. وقد أفاد كل من غارسيا دي كورتازارونوبل (1992)، ومولاس وديهالوين (1997) وليغوري وآخرون (2013ب) بالتأثيرات المفيدة للري في نمو النبات الخضري وعدد الألواح وحجم الظلة. تكون عادة كمية الثمار من كل نبتة أعلى في النباتات المروية من النباتات غير المروية، ويرجع الباحثون الإنتاج العالي إلى زيادة متوسط عدد الثمار لكل لوح بدلاً من الزيادة في حجم الثمار (مولاس ديهالوين، 1997؛ موندراغون جاكوبو وآخرون، 1995).

وفقاً لما ذكره نيرد وآخرون (1989)، يؤدي تأخر الري في فصل الشتاء عندما تبلغ كمية الأمطار أقل من 300 مليمتر إلى انخفاض كبير في خصوبة الألواح، وقطف المحاصيل في الشتاء في غير موسمها. يمكن أن يؤثر نقص الماء، خاصة خلال فترة نمو الثمار (FDP)، سلباً في جودة الثمار. إن استخدام جرعتين أو ثلاث من جرعات الري التي يبلغ كل منها 50-30 مليمترا خلال فترة نمو الثمار (FDP) من شأنه أن يزيد من حجم الثمار ونسبة لب ثمار الصبّار (باربرا، 1984، 1994؛ زغبيد ومينغويز وآخرون، 2015). لكن لا يمكن للري وحده أن يعوّض عن انخفاض حجم الثمار عندما يكون هناك عدد مرتفع من الثمار لكل ساق ورقية، ما يجعل تخفيف الثمار أمراً ضرورياً للحصول على حجم الثمار المناسب (لامانتيا وآخرون، 1998؛ غوغلويزا وآخرون، 2002أ).

يشير نوبل (1995) إلى أن عشرة مليمتر من الأمطار كافية لتبليل التربة في منطقة جذور الصبّار، ما يعني أن النبات قادر على استخدام كميات قليلة من الأمطار بكفاءة. يلاحظ فيسلز (1988ب) أنه نتيجة لنظام الجذور السطحية للنبات، فإنّ كميات الري التي تتراوح بين 25-20 مليمترا في المرة كافية. توجد معلومات محدودة حول متغيرات الحقل لجدولة الري المناسبة، وتتفاوت كمية ومواعيد استخدام الماء بشكل كبير بين البلدان (فيلكر وإنغليز، 2003). مؤخراً، حدّد كونسولي وآخرون (2013) عامل المحاصيل (Kc) ضمن نطاق يتراوح بين 0.6-0.5. يبدو الري بالتنقيط الذي يتراوح بين 200-150 مليمتر من الماء في السنة كافياً للمحصول الصيفي الرئيسي في الأرجنتين، في حين يتم إعطاء 4 - 5 جرعات من الري في السنة من أجل المحصول بتقنية قطع البراعم الأولى السكوزلاتورا (أوتشوا وأوهارت، 2006أ). أفاد جوجلويزا وآخرون(2002ب) بأن زيادة جرعتين أو ثلاث من من جرعات الري (100-60 مليمتر) المستخدم خلال فترة نمو الثمار (FDP) تزيد من الإنتاجية وتحسّن جودة الثمار، في حين يكون ريّ 80-50 مليمترا من الماء مرتين خلال فترة نمو الثمار (FDP) أمراً ضرورياً لتحقيق حجم ثمار التصدير في المحصول بتقنية السكوزولاتورا (إنغليز وآخرون، 1995أ). وفقا لحمراني بقالي (2013)، تنتج ثلاث وست من جرعات الري في كل سنة ثماراً أكثر من الري لمرة واحدة فقط سنوياً في المغرب. في جنوب أفريقيا، يقترح هليك (1988) ثلاث جرعات أو أكثر من الري التكميلي في السنة بدءاً من شهر أغسطس/ آب لتحفيز الإزهار التكاثري، ومن ثم في فترة التفتح، ومرة أخرى في المراحل المبكرة من نمو الثمار. حيثما يتم ممارسة تقنية السكوزولاتورا، يتم الري الأول في الحث الزهري (40 يوماً قبل النمو الزهري)، والمرة التالية بعد الإزهار، ومن ثم بعد خمسة أسابيع أو أكثر بعد عقد الثمار وخلال نضج الثمار (تارغا وآخرون، 2015).

يتم استخدام نظم ري مختلفة في بساتين الصبّار مع كون التنقيط والمرشات الصغيرة أمورا شائعة في البساتين الحديثة (إنغليز، 1995). تعد المرشات الصغيرة التي تغطي مساحة سطحية كبيرة نسبياً من التربة بكميات قليلة من الماء مناسبةً للغاية للصبّار ذي النظام الجذري السطحي والواسع الانتشار (بوتغيتر، 2001؛ سنيمان 2004، 2005)، وتؤثر بشكل إيجابي في حجم الثمار وجودتها (إنغليز وآخرون، 2010). على الرغم من أنه يمكن أن تكون طرق الري التقليدية، مثل -الري الحوضي- أقل كفاءة، إلا أنها يمكن أن توفر حلاً يسيراً وقليل الكلفة للمزارعين الذين يفتقرون إلى المال إذا كان الري مطلوباً مرتين أو ثلاث مرات فقط خلال الموسم (فيسلز، 1988ب).

إن الصبّار حسّاس للأملاح المذابة في منطقة الجذور وبالتالي يجب اختبار جودة ماء الري لتحديد مدى ملاءمته. يوصي نيرد وآخرون (1991ج) بأن لا يتجاوز كلوريد الصوديوم (NaCl) في مياه ري الصبّار 25 مول في كل متر مكعب لتفادي مشكلات الملوحة. إن حصاد المياه وتغطية التربة من أجل تحسين إنتاجية الصبّار هي استراتيجيات زراعية سليمة ليتم استخدامها في المناطق القاحلة ذات نطاق محدود للري وللحفاظ على ماء التربة. أظهر موندراغون جاكوبو (1999) أنه حيثما يتم عمل مناطق لتجميع مياه الأمطار لكمية قليلة من الماء في منطقة بين صفوف النباتات، يتم منع قدر كبير من الانسياب السطحي، ما يوفر كمية أكبر من الماء للنبات، ويؤدي بالتالي إلى ناتج أعلى من الثمار.

تخفيف الثمار

يعتمد حجم الثمار في الصبّار على توافر الماء (باربرا، 1984)، واختلافات الصنف المزروع (بوتغيتر، 2007؛ زغبيد ومينغويز ومينا كوفاروبياس، 2010ب)، وطول فترة نمو الثمار (FDP) (باربرا وآخرون، 1992أ)، والتغذية المعدنية (أوتشوا وآخرون، 2002)، والأهم من ذلك، كمية الثمار على الألواح (بروتش، 1992؛ إنغليز وآخرون، 1995أ). على عكس العديد من محاصيل الثمار الأخرى، يتساقط عدد قليل جدا من الزهور و95 في المائة من الزهور التي تثبت تصبح ثماراً، ما لم تتضرر من الصقيع في أواخر الشتاء. مع ذلك، إذا لم تنخفض الكمية من خلال تخفيف الثمار، يكون حجم الثمرة الفردية صغيراً ويمكن أن تنكسر فروع وألواح

بأكملها نتيجة للوزن الزائد. تعتمد أسعار الثمار في الأسواق المحلية وأسواق التصدير بصفة عامة على حجم الثمار، حيث تباع الثمار الأكبر بأسعار أعلى. مع ذلك، يمكن أن يقلّل التخفيف الشديد لأربع ثمرات في كل لوح -إلى حدٍ كبير- من إجمالي إنتاج الثمار بنسبة تصل إلى 58 في المائة دون أي زيادة في حجم الثمار، بل وقد يتسبب في إعادة الإزهار لمرة ثانية (زغبيد ومينغويز ومينا كوفاروبياس، 2010أ). وفقاً لبروتش (1992)، تنتج الألواح المخففة ثمرة أكبر من الألواح غير المخففة، بصرف النظر عن عدد الثمار في كل لوح. بالتالي، يتم تحقيق حجم الثمار الجيد مع عقد ثمار مرتفع في كل لوح يليه تخفيف الثمار في الوقت المناسب لخفض كمية المحاصيل.

بالإضافة إلى أعلى كتلة للثمرة الواحدة (إنغليز وآخرون، 1995أ؛ نصر، 2015)، يؤمن تخفيف الثمار مزايا أخرى:

- قطف أسهل (فيسلز، 1989)؛
- منع الفروع من الانكسار نتيجة لحمل محصول ثقيل (فيسلز، 1988أ)؛
- الحد من عدم انتظام الإثمار (فيسلز، 1988ب؛ هيستر وكاتشو، 2003)؛
- نضج منتظم ومبكر (إنغليز وآخرون، 2002ب)؛
- زيادة في إجمالي المواد الصلبة القابلة للذوبان (TSS)؛
- نسبة مئوية أعلى من ثمار الجودة العالية (زغبيد ومينغويز ومينا كوفاروبياس، 2009، 2010أ، ب).

يمكن أن يحدث تخفيف الثمار بمجرد أن تكون براعم الثمار الكروية قابلة لتمييزها عن البراعم الخضرية المطولة (فيسلز، 1988)، ولكن في موعد لا يتجاوز ثلاثة أسابيع بعد فترة التفتح، حيث لا يحسّن التخفيف في وقت لاحق من حجم الثمار (إنغليز وآخرون، 1995ب؛ لامانتيا وآخرون، 1998؛ غوغلويزا وآخرون، 2002أ).

أثبتت الدراسات أنه يمكن إنتاج الثمار ذات الحجم المناسب للتصدير (أثقل من 120 غراما) إذا لم يتم الاحتفاظ بأكثر من ست ثمرات في كل لوح (إنغليز وآخرون، 1994ب). وبما أن جميع الألواح ليست بالحجم نفسه، فإن القاعدة في القطاع التجاري في جنوب أفريقيا تتمثل في تخفيف الثمار إلى ما يتراوح بين 70-50 مليمتر تقريباً بين الثمار، بدلا من عدد محدد لكل لوح (بوتغيتر بوتغيتر، 2001). يؤدي ترك مسافة كافية بين الثمار النامية إلى ضمان تقليل إلحاق الضرر بالثمار المتجاورة خلال مرحلة القطف، خاصة حيث يتم استخدام مقصات بستانية متخصصة للقطف. تحتاج الثمار التي تنمو على الجوانب المسطحة للألواح إلى إزالتها حيث أنها تميل إلى أن يكون لها «عنق ثمرة» طويل، ما يجعل التعبئة أكثر صعوبة. يمكن إزالة الثمار الزائدة يدوياً باستخدام قفاز من كلوريد البوليفينيل (PVC) وسكين حاد أو مقصات تقليم.

الزراعة خارج الموسم

يكون الحث الزهري في معظم أشجار الثمار المعمرة متزامناً بشكل كبير، ما يؤدي إلى حصاد واحد في وقت محدد من السنة (ليغوري وإنغليز، 2015). مع ذلك، فإن واحدة من أبرز خصائص الصبّار تتمثل في قدرة النبات على إعادة الإزهار في أوقات مختلفة في الموسم نفسه (إنغليز، 1995؛ إنغليز وآخرون، 2002أ)، بشكل طبيعي أو بعد استخدام ممارسات تحفيزية (نيرد ومزراحي، 1997). تباع هذه الثمار المزروعة خارج موسمها بأسعار أعلى إلى حدٍ كبير من أسعارها في موسم الصيف المعتاد (موندراغون جاكوبو وآخرون، 2009). أدى الاستخدام الصحيح لتقنيات معالجة المحاصيل، مثل السكوزولاتورا والإنتاج في الشتاء، إلى زيادة كبيرة في توفير الثمار من خمسة إلى تسعة شهور في السنة في أسواق المنتجات الطازجة المحلية في جنوب أفريقيا، على الرغم من أن كميتها تكون محدودة من أيار/ مايو إلى أيلول/ سبتمبر. على الرغم من ذلك، فإن تسويق ثمار الصبّار يكون عادة موسمياً بشكل كبير، مع كون الأصناف المزروعة متوافرة لمدة أربعة أشهر تقريباً في كل موسم (إنغليز، 1995؛ ليغوري وإنغليز، 2015). يمكن تحقيق زيادة توافر الثمار في الأسواق من خلال:

- الزراعة في مناطق مناخية متنوعة (موندراغون جاكوبو وآخرون، 2009؛ ليغوري وإنغليز، 2015)؛
- استخدام أصناف مزروعة ذات فترات نضج مختلفة (بروتش، 1992؛ غاليغوس فازكيز وآخرون، 2006)؛
- تحسين تقنية ما بعد الحصاد (ليغوري وإنغليز، 2015)؛
- اعتماد تقنيات لمعالجة المحاصيل (باربرا وآخرون، 1992أ؛ بروتش وسكوت، 1991).

السكوزولاتورا (خصي براعم الصبّار)

لقد أصبحت تقنية السكوزولاتورا – التي تم اكتشافها عن طريق الصدفة في أوائل القرن التاسع عشر (كوبولر، 1827، استشهدت به باربرا وآخرون، 1991، 1992أ) – ممارسة معيارية في مجال إدارة محاصيل الصبّار في إيطاليا (باربرا، 1995). تؤدي الإزالة الكاملة لجميع البراعم والألواح النامية حديثاً لإزهار الربيع إلى إعادة إزهار ثانية بعد 16-12 يوماً تقريباً، ما يجعل الثمار تنضج خلال فترة ستة إلى ثمانية أسابيع بعد إزهار الربيع (باربرا وآخرون، 1988، 1991، 1992ب؛ بروتش وسكوت، 1991). على الرغم من أن الإزهار الثاني عادة ينتج براعم أقل من إزهار الربيع، إلا أنه يتم تسويق الثمار عندما تكون الأسعار أعلى (بروتش وسكوت، 1991؛ باربراوإنغليز، 1993؛ بوجغاغوبوحرود، 2015)، وهو الأمر الذي يعوّض إلى حدٍ ما عن قلة عدد الثمار. توفّر تقنية السكوزولاتورا العديد من المزايا، بما في ذلك:

- زيادة الأسعار؛
- تحسين جودة الثمار – وبصفة خاصة تحسين حجم الثمار وانخفاض نسبة البذور إلى اللب وارتفاع النسبة المئوية للب (باربرا وآخرون، 1992ب؛ حمامي وآخرون، 2015؛ بوجغاغ وبوحرود، 2015)؛
- صلابة أكبر لقلب الثمار وتلوّن أقوى للّب (موندراغون جاكوبو وآخرون، 1995)؛
- بنية نبات أكثر تعقيداً واكتنازاً بالإضافة إلى ألواح أكثر خصوبة وناتج ثمار أعلى (عند ممارستها الصحيحة في عمر مبكر للنبات).

يمكن أن يختلف مؤشر إعادة الإزهار، و الذي هو عبارة عن نسبة براعم الإزهار الثاني على براعم الإزهار الأول (FII : FI)، اختلافاً كبيراً وفقاً لتوقيت إزالة الإزهار الأول (SFR) والظروف البيئية عند الإزالة (إنغليز، 1995). يمكن أن يكون عدد الألواح التي يتم إنتاجها بتقنية السكوزولاتورا أقل بنسبة 10 - 40 في المائة مما تكون عليه في موسم الصيف (نيرد وآخرون، 1991ب؛ إنغليز، 1995). في الواقع، يمكن أن يكون لتقنية السكوزولاتورا عيوب أيضاً، بما في ذلك:

- انخفاض الناتج؛
- نسبة مئوية أعلى من القشرة الخارجية (موندراغون جاكوبو وآخرون، 1995)، وذلك ربما نتيجة لانخفاض درجات الحرارة خلال فترة نمو الثمار (FDP) (إنغليز، 1995؛ حمامي وآخرون، 2015)؛
- إجمالي مواد صلبة قابلة للذوبان (TSS) أقل؛
- زيادة تكسر القشرة الخارجية؛
- أحماض قابلة للمعايرة بالتحليل الكيميائي أقل؛
- ثمار سيئة اللون (إنغليز، 1995؛ مولاس، 1997).

ينبغي الاحتفاظ بحد أقصى يبلغ 25 في المائة من الألواح لموسم الربيع على النبتة بعد تنفيذ تقنية السكوزولاتورا، حيث تقلل النسبة المئوية الأعلى من معدل إعادة الإزهار للربيع التالي وتعزز الإثمار كل حولين (إنغليز وآخرون، 2002ب، 1994أ).

إن الظروف المناخية واستجابة الصنف المزروع وتوقيت إزالة الإزهار كلها عوامل هامة تؤثر في تقنية السكوزولاتورا. تؤثر الظروف البيئية في وقت الإزالة على درجة إعادة الإزهار، ويمكن أن تتسبب في تفاوت سنوي كبير في إعادة الإزهار (باربرا وآخرون، 1991؛ نيدو وسبانو، 1992). على سبيل المثال، يمكن الحصول على معدل إعادة إزهار أقل إذا تزامنت درجات الحرارة المرتفعة مع بدء التبرعم ما سوف يؤدي إلى براعم خضرية أكثر من البراعم التكاثرية (نيرد وآخرون، 1989؛ نوبل وكاستانيدا، 1998). في بعض البلدان، يتم تنفيذ تقنية السكوزولاتورا مع الري (إنغليز وآخرون، 2002أ) والتسميد بالنتروجين (فلوريس فالديز، 2003)، أو يمكن للمزارعين استخدام الري المسمد لمرة واحدة عند إزالة الإزهار الربيعي (SFR). من الضروري اختيار الصنف المزروع الأكثر ملاءمة لهذه التقنية، حيث يمكن أن تكون إعادة الإزهار منخفضة أو حتى غير موجودة في بعض الأصناف المزروعة (موندراغون جاكوبو، 2001؛ تارغا وآخرون، 2013). يؤثر توقيت إزالة الإزهار الربيعي (SFR) في مدى إعادة الإزهار ووقت النضج وخصائص الثمار (باربرا وآخرون، 1992ب). أفاد إنغليز (1995) بمعدلات إعادة إزهار بين 0.7 عند إزالة الزهور ما قبل مرحلة التفتح و0.3-0.5 عند إزالة الزهور بعد مرحلة التفتح. وتنتج الإزالة قبل الإزهار أعلى معدل لإعادة إزهار (بروتش وسكوت، 1991)، ولكن تعطي المرحلة الأخيرة من الإزالة عادة أعلى عائدات اقتصادية، على الرغم من أنه يمكن أن يكون ناتج الثمار أقل من أوقات إزالة الإزهار الربيعي (SFR) الأخرى (مولاس، 1992؛ بوجغاغ وبوحرود، 2015). بالإضافة إلى إيطاليا (باربرا وآخرون، 1991)، يتم تطبيق السكوزولاتورا بشكل منتظم في جنوب أفريقيا (بروتش وسكوت، 1991)، والمغرب (بوجغاغ وبوحرود، 2015)، وتونس (عون الله وآخرون، 2005؛ حمامي وآخرون، 2015). في أجزاء أخرى من العالم، أسفرت تقنية السكوزولاتورا عن نتائج سيئة. على سبيل المثال، أعطت تقنية السكوزولاتورا في ظل الظروف المكسيكية مع «كريستالينا» و«رينا» نتائج سلبية (موندراغون جاكوبو وآخرون، 1995)؛ على نحو مماثل، أفاد أوتشوا وآخرون (2009) بمؤشر إعادة إزهار منخفض للغاية يبلغ 0.05 في الأرجنتين مع الصبّار الأصفر الأملس.

بعد عملية السكوزولاتورا التي تم تنفيذها عند إزالة الإزهار الربيعي (SFR)، يمكن تكرارها مع الإزالة الكاملة للألواح والثمار للسكوزولاتورا الأولى (إنغليز وآخرون، 2010). أوضح ليغوري وآخرون (2006) أن الإزالة المزدوجة للثمار والألواح الجديدة حفزت إزهاراً ثالثاً للبراعم والألواح في أواخر آب/ أغسطس مع نضج إنتاج الثمار في الشتاء (كانون الثاني/ يناير- مارس/ آذار) في نصف الكرة الشمالي. كانت الثمار الشتوية التي تم الحصول عليها بواسطة سكوزولاتورا مزدوجة وتغطيتها تحت طبقة رقيقة بوليمرية من كلوريد البوليفينيل (PVC) في أواخر الخريف منتظمة في الحجم والنسبة المئوية لقلب الثمرة، ولكن كانت نسبة إجمالي الأملاح القابلة للذوبان (TSS) أقل قليلاً. مع ذلك، كان معدل إعادة الإزهار الثانية منخفضاً (20 - 40 في المائة) (ليغوري وإنغليز، 2015). توقف درجات الحرارة المنخفضة في كانون الأول/ ديسمبر نمو الثمار ونضجها؛ فمن أجل أن تنمو الثمار بشكل طبيعي، من الضروري تغطية النباتات بخيم من كلوريد البوليفينيل(PVC) (ليغوري وآخرون، 2006).

إنتاج الثمار في الشتاء

لا يقتصر إزهار نبات الصبّار على الربيع. يحدث ظهور لبراعم أصغر بشكل طبيعي في الأرجنتين (إنغليز، 1995)، وكاليفورنيا (كورتيس، 1977)، وشيلي (سودزوكي هيلز وآخرون، 1993)، وكذلك في المناطق شبه الإستوائية الحارة في ليمبوبو، جنوب أفريقيا (غروينوالد، 1996؛ بوتغيتر، 2001). بالإضافة إلى ظهور البراعم خارج الموسم الطبيعي في المناطق ذات الشتاء المعتدل، يمكن الحصول على إزهار ثان: أظهر نيرد وآخرون (1993ب) ونيرد ومزراحي (1994) أنه بعد قطف المحصول الصيفي الرئيسي، أدى الري الفوري واستخدام النتروجين (N) بمعدل 120 كيلو غرام لكل هكتار إلى ظهور براعم في الخريف، ازداد إنتاج براعم الزهور مع زيادة معدلات استخدام النتروجين (N) وارتبط ارتباطاً وثيقاً بمحتوى النتروجين (N) المنخفض القابل للذوبان في الألواح الطرفية (نيرد ومزراحي، 1994).

على الرغم من أن المحصول الشتوي يعطي ناتجا أقل بنسبة 80-50 في المائة من المحصول الصيفي الرئيسي (نيرد وآخرون، 1993ب)، إلا أنه يتم الحصول على أسعار أعلى (موندراغون جاكوبو وبورديلون، 1996). أفاد غروينوالد (1996) أنه حتى من دون ري، يمكن استخدام هذه التقنية بشكل ناجح في ظل الظروف التي يتم فيها الري بالأمطار مثل مناطق هطول الأمطار الصيفية في جنوب أفريقيا.

علاوة على ذلك، تتأثر استجابة الإزهار للنتروجين (N) بعمر النباتات. ويكون إنتاج البراعم الزهرية أعلى بكثير في النباتات الصغيرة (ست سنوات أو أقل) منه في النباتات الأكثر تقدما في العمر (نيرد ومزراحي، 1994). مع ذلك، فإن هذه التقنية تكون ممكنة فقط حيث تكون درجات الشتاء مرتفعة بشكل كاف من أجل نمو الثمار (نيرد وآخرون، 1993ب). تكون نسبة القشرة الخارجية إلى اللب أعلى في ثمار الشتاء منها في ثمار الصيف، نتيجة لوجود قشرة خارجية أكثر سماكة (نيرد وآخرون، 1993ب؛غروينوالد، 1996). ينبغي أن يلاحظ المنتجون أن الأصناف المزروعة التي تنتج كميات مرتفعة من الثمار في الصيف على سبيل المثال، الصبّار الأمريكي العملاق"American Giant" لا تستجيب جميعها للنتروجين (N) المستخدم (غروينوالد، 1996). بالإضافة إلى ذلك، يجب تأخير التقليم حتى ما بعد نضج الثمار في الشتاء، حيث تكون براعم زهور المحصول الصيفي الرئيسي قد ظهرت بالفعل، ما يجعل التقليم أمراً صعباً (غروينوالد، 1996).

تطهير البساتين

تحتاج آثار تقليم الألواح الشتوية والألواح التي تنكسر أثناء ممارسات البستنة المعتادة والثميرات التي يتم إزالتها أثناء التخفيف إلى أن يتم إزالتها من البستان بشكل منتظم وتدميرها. ولا ينبغي إلقاء الألواح المُقلمة بالقرب من البستان، حيث تشكل الألواح المقطوعة والثميرات التي تم قطعها جذوراً، وتبدأ في النمو، وتكون بمثابة نباتات مضيفة لدودة القرمز، وحشرة كاكتوبلاستس وأمراض أخرى متنوعة، ما يؤدي في زيادة تكاليف حماية النباتات (بوتغيتر، 2001).

الإنتاجية

إن إنتاجية ثمار الصبّار غير منتظمة ويتفاوت الإنتاج بشكل كبير، ليس بين البلدان وداخلها فحسب، بل في البساتين ذات الصنف المزروع نفسه. تتراوح كميات الثمار من 1 - 5 أطنان لكل هكتار في ظل الطرق التقليدية إلى 15 - 30 طن لكل هكتار مع ممارسات البستنة المكثفة في ظل ظروف مروية بالأمطار تبلغ 600-400 مليمتر في السنة (منوغوز ولوهويرو، 1965أ). تكون كمية الثمار منخفضة نسبياً في معظم المزارع الشجرية في المكسيك 2.8 طن لكل هكتار– بيمينتا باريوس، 1990، 1994)؛ مع ذلك، يمكن أن تنتج بعض البساتين المروية 25 طنا لكل هكتار (غاليغوس فازكيز وآخرون، 2009). في جمهورية شيلي، تكون كمية الثمار منخفضة بصفة عامة بين ستة وتسعة أطنان لكل هكتار – (سينز، 1985)، في حين تتراوح في الأرجنتين بين 8 و11 طنا لكل هكتار (مروي بالأمطار) إلى 22 طنا لكل هكتار (مروي) (أوتشوا، 2003). تم كمية الثمار تتجاوز 50 طنا لكل هكتار في كارو، جنوب أفريقيا (بروتش، 1979) وفي تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية (باريشوفيلكر، 1997). في المناطق المروية بماء الأمطار الأخرى في جنوب أفريقيا، مثل محافظة فري ستيت، كان أعلى معدل لناتج الثمار 17.44 طنا لكل هكتار في تجربة تقارن بين 42 صنفا مزروعا (كويتزروفوش، 2015). في إسرائيل وإيطاليا، تم تسجيل انتاجية تتراوح بين 20 - 30 طنا لكل هكتار بشكل منتظم (باربرا وإنغليز، 1993؛ نيرد وآخرون، 1993ب).

إذا تمت إدارتها بشكل جيد، يمكن أن يتجاوز عمر البساتين 100 سنة، وذلك على النحو الذي تمت ملاحظته في شمال أفريقيا (لوهويرو 1994). ومن المتوقع أن تزداد كمية الثمار سنوياً من الزراعة حتى العام الخامس من الإنتاج تقريباً عندما تصل النباتات إلى مرحلة النضج الكامل (بوتغيتر بوتغيتر، 2007). تنمو معظم الزهور على ألواح طرفية تبلغ من العمر سنة، في حين تنمو الألواح الجديدة عادة على سيقان ورقية تبلغ من العمر سنتين أو أكثر (إنغليز وآخرون، 1994أ؛ فيسلز، 1988أ). تعتمد خصوبة الألواح على الظروف البيئية وعمر النبتة وتراكم المادة الجافة (DM) (غارسيا دي كورتازار ونوبل، 1990؛ إنغليز وآخرون، 2002ب؛ فالديز سيبيدا وآخرون، 2013).تميل الألواح ذات محتوى المادة الجافة (DM) الأعلى من المتوسط إلى إنتاج ثمار أكثر (غارسيا دي كورتازار ونوبل، 1992).

تكمن الأسباب المحتملة للتفاوت المرتفع في االثمار في أربع مجالات رئيسية هي: الظروف البيئية وخصائص النمط وتفاعلاته وتخطيط البستان وتصميمه وممارسات البستنة (نيرد وآخرون، 1991ب؛ إنغليز، 1995؛ إنغليز وآخرون، 2002أ؛ بوتغيتر 2007).

الظروف البيئية

على عكس النمو الخضري، لا يعرف إلا القليل حول تأثير العوامل البيئية على الألواح والثمار في الصبّار (إنغليز وآخرون، 1995أ؛ نيردومزراحي، 1995ب). وفقاً لباربرا وآخرين (1991)، وغارسيا دي كورتازار ونوبل (1991)، ونيرد ومزراحي (1995ب) وإنغليز وآخرين (2002أ)، تعتمد خصوبة الألواح على الظروف البيئية مثل حالة الماء في النبات ودرجة الحرارة وكثافة تدفق الفوتون في البناء الضوئي (PPFD) ومغذيات التربة. ربط فيسلز (1989) التفاوت الموسمي في كمية الثمار بـ:

- الاختلافات في الظروف المناخية الزراعية (الحاجة إلى البرودة، هطول الأمطار، درجة الحرارة)؛
- الاختلافات في حالة خصوبة التربة؛
- سوء التلقيح والتسميد نتيجة لغياب الملقحات والظروف المناخية غير الملائمة خلال فترة التلقيح (البرد، الأمطار).

أظهر بوتغيتر بوتغيتر (2007) أن مستويات الفوسفور (P) في التربة ومستويات النتروجين (N) في التربة كان لها التأثير الأكبر على الثمار لما يعادل 11 صنفا مزروعا من الصبّار. كما أنه من المعروف جيدا أيضاً أنه يمكن الحصول على أكثر من محصول واحد للبيئة نفسها من خلال إعادة الإزهار الطبيعية أو إعادة الإزهار التي يتم تحفيزها اصطناعياً (باربرا وآخرون، 1991؛ بروتش وسكوت، 1991؛ نيرد وآخرون، 1993ب؛ سودزوكي هيلز وآخرون، 1993).

خصائص الأنماط الجينية وتفاعلها

أشار كل من بروتش (1979)، وبيمينتا باريوس (1990, 1994) وفيسلز

(1988أ, 1989) إلى أن الأصناف المزروعة تختلف في نشاطها التكاثري وخصوبة ألواحها. وفقا لفيسلز (1989) وبيمينتا باريوس (1990)، فإن هذا التباين الواسع في الإنتاجية بين الأصناف المزروعة يكون نتيجة للتالي:

• اختلافات وراثية في الخصوبة متأصلة؛

• خصوبة النبتة الأم؛

• خصوبة ألواح النبتة الأم.

من ناحية أخرى، يكون التباين في الساق الورقية نتيجة للتالي:

• التباين في خصوبة النبتة الأم؛

• الاختلافات في الخصوبة بين الألواح وفقاً لموضعها على النبتة الأم.

وفقاً لباربرا (1995)، تكون الفروق الكبيرة في غلة ثمار الصبّار نتيجة لعدم الإدراك الكافي للعلاقة بين النبات والتفاعل البيئي. ففي تجربة ميدانية مدتها ثماني سنوات مع 11 صنف مزروع من الصبار في ثلاث مناطق مناخية زراعية متنوعة في جنوب أفريقيا، أظهر بوتغيتر (2007) وجود اختلافات هامة بين الأصناف المزروعة والبيئات المتنوعة وسنوات الإنتاج من حيث غلة الثمار ومكوناتها. كان الفارق الملحوظ في غلة الثمار يرجع أولاً إلى مستويات الفوسفور (P) في التربة وثانياً إلى النتروجين (N) المستخدم. تظهر نتائج الدراسة بوضوح أنه ليس فقط للعوامل البيئية تأثير محدد على غلة الثمار، ولكن يوجد تفاعل قوي بين الأصناف المزروعة الأحد عشرة (11) التي تم اختبارها والظروف البيئية. تم تسجيل تأقلم واسع للصنف المزروع في صنف واحد فحسب، وكانت القدرة على الإنتاج في بعض الأصناف المزروعة الأخرى سمة وراثية بدلا من أن تكون استجابة للتفاعل بين النمط الجيني (G) × البيئة (E) (بوتغيتر، 2007).

تخطيط البساتين وتصميمها

يمكن تحسين إنتاجية الثمار في الصبّار من خلال زيادة عدد الألواح الخصبة لكل نبتة و/أو من خلال زيادة الكثافة النباتية (إنغليز وآخرون، 2002أ). يمكن الحصول على غلال ثمار مرتفعة للغاية في عمر مبكر للنبتة في كثافات النباتات المرتفعة. في إسرائيل، زاد التباعد بين النباتات

1.5 متر في الصف و4 أمتار بين الصفوف (1666 نبتة في كل هكتار) إلى حدٍ كبير من عدد الألواح الخصبة في المراحل المبكرة من عمر البستان، مع غلال ثمار تبلغ 18 طن في كل هكتار لأشجار تبلغ أربع سنوات (نيرد ومزراحي، 1993). وفقا لإنغليز وآخرون (2002أ)، من أجل الحصول على غلة سنوية تبلغ 20 طن لكل هكتار – مع متوسط وزن ثمرة يبلغ 120-100 غرام وخصوبة ألواح تبلغ ست ثمار لكل لوح بعد التخفيف – توجد حاجة لما يتراوح بين 28 ألف و30 ألف من الألواح الخصبة لكل هكتار. هذا يعني 90-80 لوح خصب لكل نبتة على نباتات قائمة بحد ذاتها مباعد بينها بمسافة 6 × 5 متر (335 نبتة في كل هكتار) أو 30-28 لوح خصب لكل نبتة للمزارع الشجرية ذات الأسيجة النباتية مرتفعة الكثافة مع المباعدة بين النباتات مباعد بمسافة 5× 2 متر (1 000 نبتة لكل هكتار) (إنغليز وآخرون، 2002أ). من أجل زيادة غلة الثمار بشكل إضافي، سوف يكون من الضروري زيادة عدد الألواح الخصبة بدلا من زيادة خصوبة الألواح (إنغليز، 1995).

ممارسات البستنة

يلاحظ بانتظام وجود فروقات كبيرة في إنتاج الثمار، حتى في البساتين المدارة جيداً وذات الصنف الواحد (بوتغيتر، 2007). ويرجع انخفاض الثمار الذي تم تسجيله في المكسيك جزئياً إلى حقيقة أن نسبة كبيرة من المزارعين لا يستخدمون الممارسات الزراعية مثل التسميد والتقليم، ماأدى إلى نمو خضري سيئ و ثمار منخفضة (بيمينتا باريوس، 1994). وبالمقارنة، تكون الإنتاجية المرتفعة نسبياً والتي يتم الحصول عليها في صقلية (14 طنا لكل هكتار) نتيجة للري والتسميد والتخفيف بشكل رئيسي (توديسكا وآخرون، 2015).

لقد تم تسجيل الإثمار كل حولين أو الإثمار المتناوب في الصبّار (بروتش، 1979؛ بيمينتا باريوس، 1990) وهو واحد من أسباب الاختلافات الكبيرة في إنتاج الثمار السنوية. سجّل إنغليز وآخرون (1995) وبروتش (1979) أن **الأسباب المحتملة للإثمار المتناوب** هي:

• التقليم غير الصحيح؛

• اختلافات الأصناف المزروعة؛

• عمر النبات؛

• التنافس بين النمو الزهري والنمو الخضري؛

• توقيت حث التبرعم.

مع ذلك، يفضل المزارعون الصنف المزروع الذي يثمر باستمرار – حتى إذا كان ذلك بمستوى أقل – بدلاً من الصنف المزروع الذي يثمر جيداً مرة واحدة في السنة وبشكل سيء في السنة التالية، حيث إن لهذا النمط تأثيرا اقتصاديا خطير يؤثر سلباً على التدفقات النقدية للمشروع (بوتغيتر وسميث، 2006؛ بوتغيتر، 2007). في الواقع، إن التنافس بين النمو التكاثري والنمو الخضري، وكذلك الانخفاض في عدد الألواح الجديدة التي تلي إزالة الإزهار الربيعي (SFR) هي مصادر محتملة لسلوك الإثمار المتناوب للنبات (إنغليز وآخرون، 2002ب). على الرغم من أن باربرا وآخرين (1991) قد وجدوا لدى النباتات متناوبة الإثمار مرة كل سنتين، وذات الإنتاج القليل، العدد نفسه من الألواح التي تبلغ سنة واحدة، وكذلك في النباتات ذات الإنتاج السنوي المنتظم، كانت معظم هذه الألواح غير خصبة في ظل استخدام تقنية السكوزولاتورا. يعتبر الأسلوب العملي **للحد من الإثمار غير المنتظم كما يلي :**

• اعتماد نظم تقليم مناسبة (غارسيا دي كورتازار ونوبل، 1992) ؛

• ضمان نظم تخفيف الثمار (فيسلز، 1989؛ هيستروكاتشو، 2003)؛

• تفادي تقنية السكوزولاتورا والإنتاج الشتوي في البساتين نفسها كل سنة.

جني الثمار

الجودة عامل مهم للغاية في إنتاج الثمار، حيث إن المستهلكين يفضلون الثمار جذابة الشكل ذات المذاق الجيد والقيمة الغذائية العالية. تكون الجودة

الكلية هي الأعلى بصفة عامة في وقت الجني، ثم تنخفض تدريجياً وفقا للخلفية الوراثية، ومعالجات ما قبل الجني والظروف البيئية ودرجة النضج عند الجني وعمليات المناولة ومعالجات ما بعد الجني وظروف التخزين والتوزيع. تتضمن الجودة الكلية مجموعة معقدة للغاية من السمات التي لا ترتبط دائماً بشكل إيجابي: بناء على المستهلكين المستهدفين و السوق المستهدف ووقت التخزين المخطط له، تختلف أهمية الجوانب النوعية المتعددة. كلما تنضج الثمار، تتحسّن قيمتها الغذائية ونكهتها ومذاقها، ولكن تنخفض آليات الدفاع الطبيعي للنسجي ضد الكائنات الممرضة وقابلية التأثر ببعض الأمراض الفسيولوجية ومدى العمر المحتمل. بناء على ذلك – كما هو الحال مع الأنواع الأخرى (كريستو وفاليرو، 2008) – من أجل التسليم المباشر للأسواق المحلية، ينبغي أن يجرى القطف عندما يتم الوصول إلى أعلى جودة للأكل؛ من أجل التسليم للأسواق البعيدة، يكون القطف المبكر أكثر ملاءمة لإطالة مدى العمر ما بعد الجني.

من أجل تحديد أفضل وقت جني الثمار، تم تطوير مؤشرات للنضج موضوعية وذاتية، وذلك بناء على عوامل مثل الصنف المزروع، والبلد المنتج، ووجهة الثمار واستخدامها. وتتضمن مؤشرات النضج الأكثر شهرة:

- النسبة المئوية للتباين في ألوان القشرة الخارجية؛
- إجمالي المواد الصلبة القابلة للذوبان 13 في المائة أو أكثر (TSS)؛
- صلابة اللب (مقاسة بكباس ثمانية مليمتر) ثمانية كيلوغرام أو أكثر لكل سنتيمتر مربع (بيمينتا باريوس، 1990؛ باربرا وآخرون، 1992؛
- مستوى سكر أقل بنسبة 90 في المائة عن الثمرة الناضجة الكاملة – مع ذلك، في بعض الأصناف المزروعة لا تتجاوز السكريات المختزلة 50 في المائة من إجمالي السكريات (بيمينتا باريوس وموريشيو، 1989)؛
- انفصال الشعيرات؛
- تسطيح التجويف الزهري لقرص الزهرة؛
- النسبة المئوية للّب؛
- سماكة القشرة الخارجية وسهولة إزالتها؛
- مقاومة القشرة الخارجية للمناولة اليدوية (كانتويل، 1995).

إن ثمار الصبّار تعد صعبة بشكل خاص في قطفها نظراً لوجود الشعيرات والأشواك، والتي يمكن أن تخترق الجلد وتدخل إلى الأعين والجهاز التنفسي. يتم بالتالي قطف الثمار في الصباح عندما تكون الرطوبة مرتفعة بشكل كاف لمنع الشعيرات من التطاير في الهواء. ينبغي تزويد الجامعين بملابس واقية (قفازات ونظارات سلامة). وعلى الرغم من المظهر المتين للنبات وقدرته على تحمل الظروف البيئية القاسية، فإن الثمار لينة للغاية ولا يمكنها تحمل المعاملة القاسية (فيسلز، 1992أ). وبالنسبة إلى معظم الأصناف المزروعة، يكون التفكك الفسيولوجي للمفصل الذي يربط الثمرة باللوح الأم منخفضا في وقت القطف، وتكون الإصابة في طرف الجذع أمراً لا مفر منه إذا تم قطف الثمار بواسطة الالتقاط أو السحب أو الثني. بناء على ذلك، ومن أجل الأغراض التجارية، يجب استخدام سكين لقطع الثمرة عند قاعدتها وترك قطعة صغيرة من اللوح متصلاً بها. جامعو الثمار عادة ما يجمعونها في سلال أو أقفاص بلاستيكية ويفرغونها في صناديق بلاستيكية تحمل 20-15 كيلوغرام من الثمار لنقلها إلى مقر التعبئة.

يمكن للأضرار الفيزيائية، خلال القطف والنقل، أن تؤثّر سلبا، وبشكل ملحوظ، على جودة الثمار وطول مدة التخزين وزيادة قابلية تأثر الثمار بالأمراض الفيسيولوجية والتعفن. ويمكن أن تحدث الكدمات والجروح نتيجة لضغط الأصابع عند قطع الثمار أو الارتطام عند إسقاط الثمار في السلال، وكذلك خلال النقل والمناولة في مقر التعبئة. تحدث الإصابات أيضاً من خلال القطع ومن خلال الشعيرات. تزداد قابلية تأثر الثمار بالإصابات المادية مع ازدياد نضجها. يمكن أن يتسبب ارتفاع ضغط الخلايا أيضاً في شقوق صغيرة وشقوق متناهية الصغر في القشرة الخارجية، خاصة في ثمار المحصول الثاني، التي تنضج في ظروف بيئية أكثر رطوبة.

مناولة ما بعد جني الثمار

إن وجود الأشواك والشعيرات هي إحدى المعوقات الرئيسية التي تحد من استهلاك الصبّار وقابلية تسويقه في جميع أنحاء العالم، وتكون إزالة الأشواك العملية الأولية بعد الجني وقبل التسويق. وفي العديد من البلدان، خاصة في حال الثمار الموجهة إلى السوق المحلي والتي يتم استهلاكها خلال أيام قليلة بعد الجني، ما زالت تتم إزالة الأشواك يدوياً: يتم نشر الثمار على العشب أو القش، ومن ثم يتم تمشيط الثمار بمقشات (كانتويل، 1995). لكن، في حال الثمار المعدّة للتصدير تتم إزالة الأشواك في خطوط التعبئة.

على عكس الثمار الأخرى، فإن عمليات ما بعد جني ثمار الصبّار محدودة جدا وتقتصر على نزع الأشواك والتصنيف والتعبئة. بصرف النظر عن حجم مقر التعبئة، يتم نزع الأشواك بصفة عامة بواسطة التمشيط الجاف. بالنظر إلى معالجات ما بعد الجني المحدودة، يمكن معالجة إنتاج مزارعين عدة في مقر تعبئة في مزرعة صغير الحجم مع خط تعبئة صغير وسهل يشتمل على المكونات التالية:

- جهاز إلقاء – يتم إلقاء الثمار بشكل جاف قبل تمريرها إلى سلسلة من البكرات؛
- نفق – سلسلة من الفراشات ، كل منها تدور في اتجاه معاكس للتالية، تزيل الشعيرات، والتي إما يتم سحبها بالهواء المضغوط من الوحدة ورميها في كيس تجميع البقايا أو يتم تركها لتسقط تحت البكرات؛
- مجموعة ثانية من البكرات – حيث يتم نقل الثمار إلى طاولة كبيرة مستديرة دوارة، حيث يفرز العاملون الثمار ويصنفونها ويعبئونها.

تشتمل مقرات التعبئة الأكبر على التالي:

- منطقة إلقاء؛
- شريط متحرك – حيث يصنف العاملون الثمار مسبقاً؛
- قسم إزالة الأشواك –وفق المعايير ذاتها المعتمدة في مقر التعبئة صغير الحجم؛
- جهاز ترتيب حسب الحجم – إما ميكانيكي أو إلكتروني؛

• جهاز تسليم وتعبئة – من أجل الفرز النهائي والتعبئة.

تتم تعبئة الثمار عادة في يوم القطف، ويجري تسليمها مباشرة للأسواق المقصودة في صناديق مبردة. يمكن نقل الثمار وحدها أو بالاشتراك مع سلع أخرى، وذلك بواسطة شاحنة أو سفينة أو طائرة. وعندما تتم مناولة الثمار بعد أيام قليلة من القطف، يمكن تخزينها في غرف بدرجة الحرارة العادية لمعالجتها، أو في برادات تخزين تتراوح حرارتها بين ست درجات وعشر درجات مئوية. في عدد صغير من البلدان (على سبيل المثال، جنوب أفريقيا)، يتم تشميع الثمار لاستبدال الشمع الطبيعي المفقود خلال إزالة الأشواك، من أجل الحد من النتح وتحسين لمعان القشرة. لا يوجد أي مبيد فطريات صناعي مسجل لأغراض ما بعد القطف؛ لذلك، يجب توخي قدر كبير من الحرص من أجل تفادي الإصابات ومنع التعفن الميكروبيولوجي.

في إيطاليا، يكون تصنيف الثمار بناء على:

• الصنف المزروع (’جيالا‘ أو ’السورفارينا‘؛ ’الأحمر‘ أو ’سانغيغنا‘؛ و ’بيانكا‘ أو ’موسكاردا‘ أو ’شيانارينا‘)؛

• الصنف (EXTRA وا)؛

• الوزن (الفئة ب، 105 - 140 غراما؛ الفئة ج، 190-140 غراما؛ الفئة د، 190 - 270 غراما).

بناء على الصنف المزروع، يمكن أن تتراوح ظلال القشرة الخارجية من الأخضر إلى الأصفر البرتقالي للصنف المزروع الأصفر (’جيالا‘)، ومن الأخضر إلى الأحمر الداكن للصنف المزروع الأحمر (’روسا‘) ومن الأخضر إلى الأبيض المائل للأصفر الفاتح للصنف المزروع الأبيض (’بيانكا‘). بناء على المنطقة المنتجة، يجب أن يكون للثمار الموجهة إلى سوق السلع الطازجة الخصائص التالية:

• وزن 120 غراما أو أكثر؛

• إجمالي المواد الصلبة القابلة للذوبان13-14 (TSS) في المائة Brix°؛

• صلابة قلب الثمرة ست كيلو غرام للسنتيمتر مربع او أكثر.

يمكن تعبئة الثمار الأكبر في علبة مقسمة على شكل أعشاش بلاستيكية يتم إدخالها في علب من الكرتون أو علب بلاستيكية أو مباشرة في علب من الكرتون. يتم تعبئة الثمار الصغيرة، التي تكون موجهة عادة إلى الأسواق المحلية، في علب أو سلال صغيرة بلاستيكية تحتوي على مابين ست وثمان ثمرات.

فيزيولوجيا ما بعد جني الثمار

يتم تصنيف ثمار الصبّار على أنها من الأصناف التي تنضج ثمارها ما دامت مرتبطة بالنبات حيث لا تظهر ارتفاعا في النشاط التنفسي خلال فترة النضج. تعد معدلات التنفس عموما منخفضة جداً مقارنة بالثمار الأخرى (لاكشيمينارانا وإستريلا، 1978؛ كانتويل، 1995).

لكن تتأثر الكثافة التنفسية بشكل قوي بما يلي :

• الأصل الوراثي (واسعة جدا في الصبّار)؛

• مرحلة النضج عند الجني؛

• نوع المحصول؛

• الظروف البيئية.

في دراسة للأصناف المتنوعة للأصل الجيني المكسيكي التي أجراها لوبيز كاستانيدا وآخرون (2010)، تراوح النشاط التنفسي من 22 في روجوبيلون إلى 31 مل من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) لكل كيلو غرام في الساعة في سانغري دي توروو ألفاغايوكان. في الدراسات التي أُجريت في إيطاليا على ثمرة من المحصول الأول ’للجيالا‘، أظهرت كثافة التنفس تبايناً شديد الوضوح من سنة إلى أخرى، يتراوح من 14-4 مليغرام من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) لكل كيلوغرام في الساعة (تشيسا وشيرا، 1992) إلى 13 مل من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) لكل كيلو غرام في الساعة (داكوينو وآخرون، 2015) و92-60 مليغرام من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) لكل كيلو غرام في الساعة (بيجا وآخرون، 1996). كما هو الحال في أنواع أخرى التي تنضج ثمارها ما دامت مرتبطة بالنبات، ينقص التنفس تدريجياً عندما يتم الاحتفاظ بالثمار في درجات حرارة دافئة (داكوينو وآخرون، 2014) ولكن عند تحريكها من مخزن بارد إلى درجة حرارة الغرفة، يزداد التنفس بشكل كبير (شيرا وآخرون، 1999ب) كردة فعل على درجة الحرارة الباردة. يمكن أن تؤدي العدوى الأولية من الكائنات الحيّة الدقيقة، والضغوط المادية أو الميكانيكية الناجمة عن الكدمات، أو الارتطام أو الجروح، إلى زيادات مفاجئة في النشاط التنفسي. يكون إنتاج الإيثيلين منخفضاً للغاية، عادة 0.1 - 0.2 ميكروليتر من (C_2H_4) لكل كيلوغرام في الساعة، وإما بالنسبة للتنفس، يمكن أن تحدث زيادات كبيرة بعد التعرض لدرجات حرارة باردة لفترات طويلة، أو بسبب العدوى بكائنات مسببة للآفات أو الضغوط غير الحيوية (داكوينو وآخرون، 2014؛ شيرا وآخرون، 1996، 1997).

كما هو الحال مع معظم الثمار التي تنضج ما دامت مرتبطة بالنبات، لا يحتوي الصبّار على النشاء. بناء على ذلك، تميل المواد الصلبة القابلة للذوبان (TSS) والسكريات والأحماض العضوية إلى الانخفاض بناء على ظروف التخزين ومرحلة النضج والأصناف المزروعة؛ يمكن أن يكون نمط الانخفاض تدريجياً أو غير متساو. على سبيل المثال، في دراسة مقارنة باستخدام ستة أصناف مزروعة من الصبّار مخزنة عند تسع درجات مئوية لمدة شهر أو شهرين أو ثلاثة أشهر زائد أربعة أيام في درجة حرارة الغرفة، كان فقدان إجمالي المواد الصلبة القابلة للذوبان (TSS) مرتفعاً للغاية في أماريلومونتيسا وكوبينا T-5 وكوبينا توريوجا، ولكن الفقدان كان تدريجياً في كريستالينا وبينوكولو، في حين كانت الخسائر في بورونا هي الأعلى خلال الشهر الأول من التخزين (كورااليس غارسيا وآخرون، 1997).

يتراوح محتوى فيتامين ج عند القطف من حوالي 10 إلى 80 مليغراما لكل 100 غرام بناء على الصنف المزروع (بوتيرا وآخرون، 2002؛ كوتي، 2004). فهو يمكن أن يختلف بشكل كبير من سنة إلى أخرى (سمية مارتينيز وآخرون، 2011)، ولكنه يعتمد أيضاً على مرحلة النضج. في ثمار الأصناف المزروعة الصفراء والبرتقالية من صبّار ميغاكانثا (megacantha) التي يتم قطفها على فترات تبلغ أسبوعين، وأربعة أسابيع قبل فترة النضج المناسب للبيع

في الأسواق وأربعة أسابيع بعد تلك الفترة، ازداد محتوى فيتامين ج بشكل مستمر حتى عندما كانت الثمار فائقة النضج (كورا كايوبان وآخرون، 2011). في حال الثمار التي يتم تخزينها في درجة حرارة منخفضة، يكون محتواها من فيتامين ج ثابتاً تماماً على الرغم من مستوى الحموضة المرتفع نسبياً للعصارة (شيرا وآخرون، 1996)، ولكنه ينخفض بسرعة في درجة حرارة الغرفة (داكوينو وآخرون، 2014) أو بعد أن يتم نقل الثمار من المخزن البارد إلى درجات الحرارة الدافئة (شيرا وآخرون، 1996).

الاضطرابات الفسيولوجية

على غرار معظم الأنواع ذات الأصل الإستوائي، فإن الصبّار قابل للتأثر بالإصابة بالبرودة عند تعريضه لفترات طويلة لدرجات حرارة أقل من 10 - 12 درجة مئوية. وفي الواقع، تتأثر الحساسية المتأصلة للثمار لدرجات الحرارة المنخفضة بشكل ملحوظ بالتالي:

- الظروف البيئية؛
- الممارسات الزراعية؛
- نوع المحصول (محصول صيفي أم محصول متأخر) ومرحلة النضج عند القطف والصنف المزروع؛
- معالجة ما بعد القطف.

تكون الثمار عادة عند مرحلة متقدمة من النضج أقل عرضة للإصابة بالبرودة من الثمرة الأقل نضجاً، في حين لا تؤثر معالجة ما قبل القطف باستخدام حمض الجيبريليك (شيرا وآخرون، 1999أ) أو كلوريد الكالسيوم (شيرا وآخرون، 1999ب) في قابلية تأثر الثمار بالإصابة بالبرودة أو زيادتها. يمكن أن تظهر أعراض الإصابة بالبرودة على القشرة الخارجية بأجزاء سوداء أو برونزية تتفاوت في الحجم والكثافة، وحفر سوداء بنية وبقع بنية غائرة (داكوينو، 2012). كما يمكن أن تتسبب الإصابة بالبرودة أيضاً في تبديلات أيضية إضافة إلى الأعراض المرئية؛ وعلى نحو مماثل، يصاحب اضطرابات مظهر وقساوة القشرة الخارجية تغيرات نوعية غير مرئية. في الواقع، تشير تغيرات القشرة الخارجية عادة إلى وجود مجموعة من الاضطرابات التي تحفزها درجة الحرارة المنخفضة وغيرها من الأسباب (الجروح السطحية التي تسببها الشعيرات، النتح المفرط، العفن الجاف) التي يمكن أن تظهر في درجات الحرارة غير الباردة (داكوينو، 2012، 2014). يمكن أن تغير حالات عدم التوازن الأيضي إلى تغير الأيض التنفسي وتحفيز إنتاج مواد متطايرة غير مرغوب فيها (الأسيتالدهيد، الإيثانول) والإيثيلين، وخفض آليات الدفاع الشاملة ضد استيطان الكائنات المسببة للآفات (شيرا وآخرون، 1999أ؛ داكوينو وآخرون، 2014). نتيجة لذلك، يمكن أن تظهر الثمار المصابة بالبرودة اضطرابات في القشرة الخارجية دون أي تغيير في جودتها للأكل أو تركيبتها الكيميائية (داكوينو وآخرون، 2014)؛ أو يمكن أن تظهر عليها أعراض قليلة للإصابة بالبرودة في نهاية التخزين البارد، ولكنها تصبح قابلة للتأثر بالتعفن بشكل مرتفع عند نقلها إلى درجات حرارة دافئة (شيرا وآخرون 1996، 1997، 1999ب؛ داكوينو وآخرون، 2014).

تعفن الثمار بعد الجني

إن تركيبة الثمار وتماسك الأنسجة يجعلان الصبّار قابلاً للتأثر بشكل مرتفع للتعفن الذي تحثه فطريات وخمائر وبكتيريات متعددة. يعتبر طرف الجذع الموقع الرئيسي للإصابة بالعدوى نتيجة للجروح الناجمة عن عمليات القطف. مع ذلك، تساعد المعالجة لمدة يوم أو اثنين في درجة حرارة الغرفة وفي بيئة مهوية على التئام النسيج المجروح. يمكن حتى لتجفيف طفيف لقطعة صغيرة من اللوح المتروكة عند القطف أن يخفض بشكل فعال من خطر التعفن (كانتويل، 1995؛ إنغليز وآخرون، 2002أ). إن المواقع الأخرى للعدوى تتمثل في الجروح الصغيرة الناجمة عن الشعيرات والتشققات الصغيرة في القشرة الخارجية، وخاصة إذا تم قطف ثمار المحصول الثاني في مناخ رطب. إن الفطريات الخيطية الرئيسية التي تتسبب في التعفن هي Botrytis cinerea, Fusarium spp., Aspergillus spp وأنواع متعددة من فطريات Penicillium، بما في ذلك (P. expansum) و(P. polonicum) و(P. digitatum) و(P. italicum) (تشيسا وباربرا، 1984؛ رودريغيزفيلكس وآخرون، 1992؛ غراناتاوسيدوتي، 2000؛ سوارت وآخرون، 2003؛ داكوينو وآخرون، 2015؛ فايدا وآخرون، 2015أ). لكن بما أنه لا يتم عادةً تخزين الثمار لفترات طويلة، لا يمثل خطر التعفن مشكلة خطيرة.

عمليات معالجة ما بعد القطاف

بصرف النظر عن عمليات المعالجة المحدودة في المستوى التجاري والتبريد العرضي لفترات قصيرة، يشكل الطلب العالمي المتزايد على الصبّار – خاصة من الأسواق البعيدة عن المناطق المنتجة – تحديات جديدة أمام اانتشار الصبّار في المستقبل. من أجل توسيع نافذة السوق إلى ما بعد موسم القطف وتأخير تدهور المظهر، يتطلب من عمليات معالجة ما بعد القطف وإجراءات المناولة:

- خفض معدلات النتح والتنفس؛
- زيادة تحمّل الثمار لدرجات الحرارة الباردة؛
- منع التلف الميكروبيولوجي.

بينما يكون التبريد بلا شك الوسيلة الرئيسية لإطالة مدى صلاحية ما بعد القطف للثمار والخضروات الطازجة، فإن قابلية تأثر الصبّار بالإصابة بالبرودة تحد من إمكانات استخدامه. ومن ناحية أخرى، كما هو الحال مع السلع الأخرى، كلما ازداد عمر التخزين، تتدهور آلية الدفاع الطبيعي للنسيج ضد الكائنات الممرضة، وتصبح الثمار أكثر عرضة بشكل متزايد للهجمات الميكروبيولوجية، خاصة عند نقل الثمار من مخزن بارد إلى بيئة دافئة.

كشفت التجارب التي أُجريت مع مبيدات الفطريات التي تُستخدم بعد القطف التي تمت الموافقة عليها للثمار الأخرى درجات فعالية متفاوتة في خفض حدوث التعفن في ثمار الصبّار المخزنة في بيئة باردة :

- كانت عمليات المعالجة بالبنوميل أو الكابتان أو الفنكلوزولين غير فعالة في مكافحة تعفن ما بعد الجني (جوريني وآخرون، 1993).

• منعت عمليات المعالجة بالإيمازاليل (IMZ) والثيابندازول (TBZ) التعفن الطبيعي الذي تسببه الفطرياتPenicillium spp.,Botrytis cinerea وAlternariaspp في ثمرة المحصول الأول من «جيالا» في فترة تخزين تبلغ شهرين عند ثماني درجات مئوية يليها أسبوع في حرارة موازية لبيئة التسويق عند 20 درجة مئوية، تم الحد أيضاً من أعراض الإصابة بالبرودة (داكوينو وآخرون، 1996). كان صوديوم الأورتوفينيلفينات، إما وحده أو ممزوجاً مع الثيابندازول (TBZ) أو الإيمازاليل (IMZ)، ساماً للنبات، ما أدى إلى زيادة التعفن وفقدان الوزن (داكوينووآخرون، 1996). ازدادت فعالية الثيابندازول (TBZ) بشكل ملحوظ عند استخدامه عند 52 درجة مئوية حتى بتركيز أقل بست مرات من ذلك المستخدم عند 20 درجة مئوية (شيرا وآخرون، 2002).

• كافح الفلودوكسونيل (وهو مبيد فطري صناعي مسجل على مدى العقد الماضي لمكافحة مجموعة واسعة من الفطريات التي تسبب التعفن في أصناف مختلفة)، بشكل فعال للغاية، التعفنَ عند استخدامه عند 20 درجة مئوية أو 50 درجة مئوية قبل التخزين؛ من ناحية أخرى، انخفضت فعاليته عندما تم استخدامه في نهاية التخزين البارد (داكوينو، 2015).

• الماء الساخن – إما كمعالجة غمر عند 55-50 درجة مئوية لمدة دقيقتين إلى خمس دقائق (شيرا وآخرون، 1996، 2002؛ رودريغيزوآخرون، 2005؛ داكوينووآخرون، 2012) أو من خلال الفرك بالماء عند 60 درجة مئوية أو 65 درجة مئوية أو 70 درجة مئوية لمدة 30 ثانية أو 20 ثانية أو عشر ثوان، على التوالي (ديميترس وآخرون، 2005)– من نمو الكائنات الممرضة التي توجد بطبيعة الحال على سطح الثمار.

• لم تكافح المعالجة (عند 38 درجة مئوية لمدة 24 و48 و72 ساعة في بيئة مشبعة بالبخار) فحسب، ولكنها حسنت أيضاً من حساسية الثمار لدرجات الحرارة الباردة (شيرا وآخرون، 1997). لكن عجّلت معالجة الثمار عند 38 درجة مئوية مع رطوبة نسبية (RH) تبلغ 80-75 في المائة انفصال قطعة اللوح الأم المتروكة عند القطف. إضافة إلى ذلك، خفضت عملية التئام أثر القطع على طرف الجذع، خلال العلاج في درجة الحرارة نفسها، ولكن مع 100 في المائة من الرطوبة النسبية (RH)، التعفن الذي تسببه الكائنات الممرضة القادمة من الجذع (داكوينو وآخرون،2014). أدى التكييف مع درجة الحرارة المرتفعة إلى تأخير ذبول الثمار وفقدانها للوزن، وربما يرجع ذلك إلى إذابة وإعادة ترتيب طبقات الشمع السطحية مع ما يترتب على ذلك من ملء الشقوق الصغيرة التي تفصل صفائح الشمع، ممر نتج الثمار الرئيسية (شيرا وآخرون، 1999أ؛ لوبيز كاستانيدا وآخرون، 2010).

إن عمليات المعالجة الأخرى التي يمكنها أن تؤخر فقدان النضارة وتزيد التحمل لدرجات الحرارة المنخفضة هي: التخزين في جو متحكم فيه (تيستوني وإشرزيربيني، 1990)؛ والتسخين المتقطع (تشيسا وشيرا، 1992)؛ وعمليات المعالجة بالغمس في حمض الساليسيليك (القرشي وعوض، 2012)؛ واللف بطبقة رقيقة (بيغا وآخرون 1996، 1997؛ شومي وآخرون، 2014)، على الرغم من أنه يمكن للطريقة الأخيرة أن تحدث ظروفا لاهوائية وتراكم مواد متطايرة غير مرغوب فيها (بيجا وآخرون، 1996) إذا لم تتح الطبقة الرقيقة إمكانية نفاذ الأوكسجين (O2) إلى الثمار .

الصبّار الجاهز للأكل

على مدى العقدين الماضيين، شهد سوق الثمار الطازجة نمواً مطرداً نظراً لميل المستهلكين إلى تناول أطعمة صحية وملائمة في أي وقت وأي مكان. إن الثمار والخضروات الجاهزة للأكل جذابة لأنها لا تتطلب أي جهد من المستهلك ولا تترك وراءها أية مخلفات من خلال التقشير والتجويف لإزالة اللب (روجاس غراو وآخرون، 2011). يكتسب هذا الأمر أهمية خاصة في حالة الصبّا ، حيث تجعل الشعيرات الثمرة صعبة التقشير، خاصة بالنسبة إلى الأشخاص غير المعتادين على ذلك.

إن الثمار والخضروات التي تباع بشكل طازج هي منتجات قابلة للتلف للغاية؛ حيث تحفز الجروح الناجمة عن عمليات المعالجة معدلات التنفس وإنتاج الإيثيلين وتعجيل فقدان الركائز القابلة للتنفس والصلابة والشيخوخة.

تعد الأنسجة التالفة أيضاً عرضة للإسمرار المؤكسد نتيجة لإنزيم أكسيداز البولي فينول (PPO) (بوليو و غورني، 2004). لقد كان للطلب المتزايد على ثمار الصبّار الطازجة تأثير ملحوظ على الجهات المشتركة في المعالجة والتوزيع: حيث تم إيلاء المزيد من الاهتمام بالمتطلبات الصحية وتم اعتماد حلول للتغليف جديدة لتلبية المتطلبات اللوجيستية ومتطلبات المستهلكين (تيمبانارو وآخرون، 2015أ).

إن العوامل الرئيسية التي تؤثر في جودة ثمار الصبّار هي فقدان الحمضية والصلابة وتسرب العصارة، وقبل كل شيء، التلف الميكروبيولوجي. يمثل التلف خطراً كبيراً، خاصة عند تلوّث الثمار بكائنات حية دقيقة ممرضة لها تأثيرات ضارة محتملة على سلامة المستهلك (يحيى وسينز، 2011). عندما يتم تخزين الثمار في درجة الحرارة المثلى التي تتراوح بين أربع وخمس درجات مئوية، يكون إجمالي المواد الصلبة القابلة للذوبان (TSS) مستقراً للغاية ويزداد في بعض الأحيان؛ من ناحية أخرى، تكون الحمضية القابلة للمعايرة بالتحليل الكيميائي ومستوى حموضة العصارة ثابتة للغاية، ولكن يمكن أن تنخفض (بيجا وآخرون، 2002). تقلل درجات الحرارة الأعلى من عمر التخزين المحتمل، في حين تؤدي الى زيادة متطلبات الأوكسجين (O2) الناتجة عن زيادة النشاط الايضي والتي قد لا تتطابق مع نفاذية التعبئة والتغليف للغازات، مما يؤدي إلى زيادات غير طبيعية في الحموضة الكاملة، وفي الإيثانول وتغييرات في المذاق نتيجة للتنفس اللاهوائي (بيجا وآخرون، 2000).

إن الحموضة المنخفضة والمحتوى السكري المرتفع للصبّار تجعله – أكثر من أي ثمرة أخرى- حاضنة مثالية للانتشار الميكروبيولوجي. من أجل الحفاظ على تجمعات البكتيريا والخميرة تحت الحدود القانونية التي تعادل 107 و108 من وحدات تشكيل المستعمرات (CFU) لكل غرام بحسب القوانين الاسبانية (BOE، 2001)، من الضروري استخدام معدات معالجة مناسبة واعتماد برنامج تعقيم فعال، مع موظفين مدربين في مجال المعالجة الصحية والحفاظ على درجات حرارة تخزين منخفضة. يتم تعقيم سطح الثمار قبل التقشير بصفة عامة من خلال عمليات المعالجة بالغمس في هيبوكلوريت

الصوديوم؛ لكن بدأ انتشار بدائل جديدة أكثر أمانا للعاملين والمستهلكين، وهي صديقة للبيئة ورخيصة، مثل الماء المحلل بالكهرباء (بانيتري وآخرون، 2015).

في حال النجاح في الحفاظ على مستويات متدنية من الميكروبات خلال المعالجة، تصبح درجة حرارة التخزين هي العامل الرئيسي المؤثر في التجمع الميكروبيولوجي. إن نطاق درجة حرارة التخزين الموصى به بين 12-8 درجة مئوية لمنع إصابة الثمرة بأكملها بالبرودة ليس مثالياً لتخزين ثمار الصبّار الجاهزة للأكل؛ في الواقع، إن أفضل النتائج للحفاظ على الجودة الكيميائية والحسية والميكروبيولوجية الشاملة تكون عند أربع وخمس درجات مئوية (بيجا وآخرون2000؛ كوربو وآخرون، 2004؛ ديل نوبيل وآخرون، 2007؛ سيفولا وآخرون، 2014). لدى نفاذية الطبقة الرقيقة المستخدمة في التغليف وفي تركيبة الغازات داخل عبوة التخزين تأثير طفيف على التركيبة الكيميائية والتجمع الميكروبيولوجي عندما يتم تخزين الثمار عند أربع وخمس درجات مئوية. لذلك، فإن الزيادات في درجة الحرارة والمستويات المنخفضة من الأوكسجين (O2)، مع التركيز الزائد من ثاني أكسيد الكربون (CO2)، يمكن أن يؤدي إلى ظروف لاهوائية وتحفز بدورها إنتاج مواد متطايرة غير مرغوب فيها، ما يضر الجودة ويغير التجمع الميكروبيولوجي كمياً ونوعياً على حدٍ سواء (بيجا وآخرون، 2000؛ ديل نوبيل وآخرون، 2009).

لم تؤثر الطلاءات القائمة على ألجينات الصوديوم والأغار وهلام بروتين السمك على الخمائر والبكتيريا الأليفة للحرارة المعتدلة، ولكن حفزت حمل حمض اللاكتيك، والبكتيريا التي تنمو في درجات حرارة منخفضة وبكتيريا القولونيات (ديل نوبيل وآخرون، 2009). عندما يتم دمج حمض الأسيتيك مع الكيتوزان، تم تحقيق انخفاض عام في التجمع الميكروبي مقارنة بالثمار غير المعالجة (أوتشوا فيلاسكو وغيريرو بلتران، 2014). إن طلاء ثمرة الصبّار الطازج ليس أمراً شائعاً في المستوى التجاري، وتشير المراجع إلى عدم وجود فوائد واضحة ومتسقة من استخدام الطلاءات (ديل نوبيل وآخرون، 2009؛ أوتشوا فيلاسكو وغيريرو بلتران، 2014؛ بالما وآخرون، 2015).

يمكن أن يتأثر التخزين أيضاً بمرحلة النضج ووقت نضج الثمار. تنخفض الجودة العامة للمحصول الصيفي بشكل أسرع من المحصول المزروع بتقنية السكوزولاتورا، في حين تحافظ الثمار التي يتم قطفها في المرحلة التجارية على جودتها أطول من الثمار التي يتم قطفها لاحقاً، عندما تكون ناضجة تماما، وخاصة في حالة الثمار الآتية من محصولالسكوزولاتورا (أليجرا وآخرون، 2015). تتأثر البكتيريا الأليفة للحرارة المعتدلة الهوائية وتجمع العفن بشكل أكثر – وإن كان بطرق مختلفة– بمراحل النضج أكثر من وقت النضج، مع كون الثمار التي يتم قطفها في مرحلة متقدمة من النضج تحمل أكثر من الثمار التي يتم قطفها في المرحلة التجارية (أليجرا وآخرون، 2015).

الاستنتاجات والآفاق المستقبلية

بينما كان هناك تحسّن عام في ممارسات البستنة على مدى العقدين الماضيين، ما زال ينبغي القيام بالكثير من أجل إقناع المنتجين أنه يمكن للصبّار أن يحقق إنتاجامرتفعا بجودة عالية إذا حصل على الرعاية والاهتمام المناسبين – تماماً مثل أي محصول آخر. يُؤمل من خلال توفير أحدث المعلومات التقنية والعلمية حول زراعة المحصول وإدارته بعد الجني، أنّه سوف تتحسّن مستويات الإنتاجية وخاصة مقاييس جودة الثمار عالمياً، ما من شأنه أن يتيح تنافس الثمار على قدم المساواة مع غيرها من الثمار المنتشرة في الأسواق العالمية. ومن أجل جذب مستهلكين جدد لثمرة الصبّاروخلق طلب متزايد، يجب أن تتوافر ثمار عالية الجودة بشكل وفير في الأسواق. وتكون زيادة إنتاجية الثمار أسهل من زيادة جودة الثمار؛ بالتالي ينبغي إيلاء اهتمام خاص بكل الممارسات البستانية التي يُحتمل أن تؤثر على جودة الثمار، قبل القطف وبعده على حدٍ سواء.

االشكل رقم (1)
نزع أشواك الصبّار بواسطة فراشات دوارة: إضافة إلى إزالة الشعيرات تجعل الفرشاة الثمرة لامعة.

االشكل رقم (2)
طاولة فرز يتم استخدامها لفرز الثمار وتصنيفها وتعبئتها.

االشكل رقم (3)
إصابة بالبرودة كتلطيخ على شكل سفع.

االشكل رقم (4)
إصابة بالبرودة كتجويف تحت القشرة الخارجية حول أثر قطع قرص الزهرة.

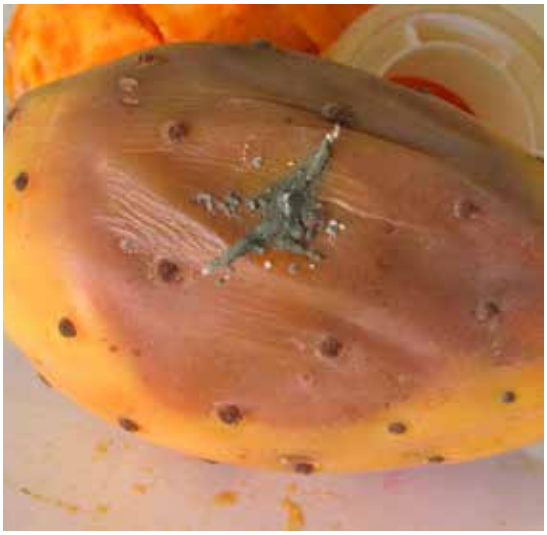
االشكل رقم (5)
أعراض الإصابة بالبرودة على شكل حفر.

االشكل رقم (6)
ندوب بنية بعد تخزين بارد طويل.

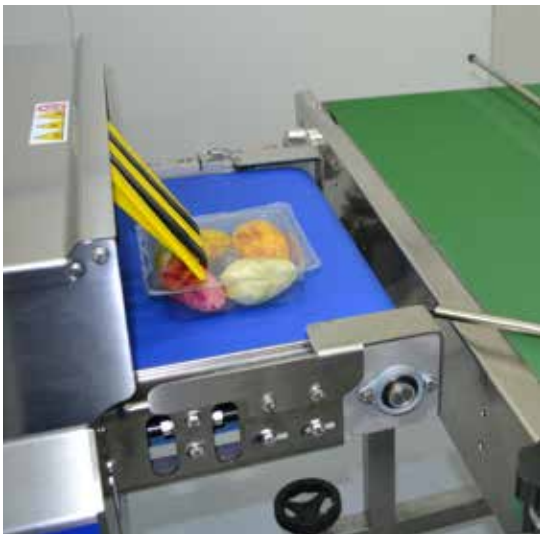
االشكل رقم (7)
تشقق الثمار الذي يحدث في الثمار المخزنة في مستويات رطوبة مرتفعة.

االشكل رقم (8)
تعفن طري على لثمرة الصبّار يبدأ من عند طرف الجذع.

االشكل رقم (9)
تعفن ناجم عن الفطريات المكنسية في الصبّار المخزن البارد.



االشكل رقم (10)
تعفن جاف (فطريات النوباء) ينمو ببطء في ثمار الصبّار المخزنة لفترة طويلة.



االشكل رقم (11)
عملية التقشير لتحضير الصبّار الجاهزة للأكل

االشكل رقم (12)
تعبئة ثمار الصبّار الجاهزة للأكل.

07

إنتاج العلف واستعماله لتغذية الحيوانات

Jose C.B. Dubeux Jr. (1), Hichem Ben Salem (2) Ali Nefzaoui (3)

(1) جامعة فلوريدا، مركز البحث والتعليم بشمال فلوريدا، ماريانا، الولايات المتحدة الأمريكية

(2) المعهد الوطني للبحوث الزراعية بتونس، جامعة قرطاج، أريانة، تونس

(3) المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، تونس العاصمة، تونس

© C. Mondragon Jacobo

07 إنتاج العلف واستعماله لتغذية الحيوانات

مقدّمة

لا يزال الإنتاج الحيواني مصدر الدخل الرئيسي لسكان الريف في المناطق الجافة، فهو عنصر أساسي لنظم الإنتاج القادرة على التحمل، ومؤشر على الثروة. ومع ذلك، يواجه قطاع الإنتاج الحيواني العديد من التحديات ومن ضمنها المعوقات المتعلقة بالتّغذية والتّغيّر المناخي. تلعب مراعي المناطق شبه القاحلة دورا هاما في نظم الإنتاج الحيواني على الرغم من انخفاض إسهاماتها في تغذية الحيوانات. تكون إنتاجية المراعي عادة منخفضة (أقل من خمسة أطنان من المادة الجافة للهكتار في السنة) مع ضعف في إنتاج الكتلة الحيوية الاستهلاكية (أقل من طن واحد من المادة الجافة للهكتار في السنة) ما يؤدي إلى قدرة استيعابية قليلة (من 10 إلى 15 هكتارا لتغذية بقرة بالغة) (دوبيوكس وآخرون، 2015أ). ويمكن أن تكون أنواع النباتات المعمرة والمتكيفة مع البيئة المحلية خيارا محتملا لتحسين توفير العلف في المناطق الجافة. لقد ازدادت نسبة الثروة الحيوانية في العالم بشكل مستمر في العقود الأخيرة، ما أدّى في أحيان كثيرة إلى تدهور المراعي، وتعدّ ندرة المياه من المعوقات الرئيسيّة الإضافيّة في المناطق الجافّة، ما يهدّد استمرار النظم القائمة على تربية الماشية. تشير التقديرات المستقبلية العالمية إلى أن استهلاك الماء سيزداد في العقود المقبلة، وبالتالي ستقل كمية الماء المتاحة للإنتاج الزراعي والحيواني.

الشكل 1
صبّار بري في ولاية سان لويس بوتوسي، المكسيك (مصدر الصورة: على نفزاوي)

في حال حدوث هذا السيناريو، سيكون الصبّار واحداً من أهم المحاصيل للقرن الحادي والعشرين. فالصبّار - وهو نوع عصاري ويتحمل الجفاف- يستطيع إنتاج أكثر من 20 طنا من المادة الجافة في الهكتار في السنة وتوفير 180 طنا في الهكتار في السنة من الماء المخزن في ألواحه ما يمثل خياراً فعالاً من حيث التكلفة لتوفير المياه للماشية (دوبيوكس وآخرون، 2015ب). عند هذه المستويات الإنتاجية، يصبح من الممكن إنتاج علف يكفي لتغذية خمس بقرات بالغات في العام الواحد – وهو ما يبلغ زيادة 60 ضعفاً على الأقل بالمقارنة مع إنتاجية المراعي. يمكن إنتاج العلف من خلال استغلال بساتين صغيرة ومزروعة بشكل مكثف، ما يمكّن من تخفيف الضغط على المراعي.

مع ذلك، لا تزال إمكانات الصبّار غير مستغلة تماماً. تتضمن الأنواع الرئيسيّة المستخدمة كعلف (Opuntia ficus-indica Mill) و (Nopalea cochenillifera Salm-Dyck.)، بالإضافة إلى أنواع أخرى تُزرع في دول مختلفة.

تفيد التقارير عن الاستخدام الناجح للصبّار كمصدر للعلف في بلدان عديدة منها البرازيل والمكسيك وحتى جنوب أفريقيا وتونس، وتكون غالباً مدعومة ببرامج بحث وإرشاد قوية. ومن أجل تحقيق النجاح، من الضروري إشراك جميع الجهات المعنية بسلسلة الإنتاج الحيواني بما في ذلك المنتجون والموردون والتجار ومؤسسات البحث والإرشاد وواضعو السّياسات. إنّ سوق العلف الحيواني في حالة نمو، وهو ينطوي على مخاطر أقل من سوق الخضار والفاكهة، وبالتالي يمثل خياراً محتملا لأنشطة المشاريع التجارية. في بعض البلدان، يمكن استخدام ألواح الصبّار من بساتين الثمار كعلف حيواني ما يكمل دخل المزارعين. بصفة عامة، إنّ إمكانات الصبّار كعلف في المناطق شبه القاحلة غير مستغلة بشكل كامل. وتوجد فرص هائلة لتطوير نظم الإنتاج الحيواني، ما يعزز سبل كسب الرزق ويحدّ من الضّغط على المراعي الطّبيعيّة.

نظم إنتاج العلف القائمة على الصبّار

نظرا إلى عدم وجود معلومات حول مساحات الصبّار في مختلف المناطق الإيكولوجية، فإنه لا يمكن إجراء تقييم كامل لأهميّته في نظم الإنتاج المتنوعة. وعلى سبيل المثال، فإنّ البيانات حول الصبّار البرّي أو المستعمل كحواجز حول المنازل في الرّيف وحول الحيازات هي أمور مهمّة، ولكن نادراً ما يتم تعدادها.

الصبّار الأصلي

تقع أكبر مساحة للصبّار الأصليّ في المكسيك وتغطي مساحة تقدّر بثلاثة ملايين هكتار. غالباً ما يستعمل كمرعى للماشية، ولا يحظى بأيّ معاملة خاصة. وفي بعض البلدان، يمكن أن تصبح أنواع اجتياحية، وتُستخدم المزارع بطريقة مماثلة لمزارع الصبّار الأصليّ – على سبيل المثال، في تيغراي، إثيوبيا، حيث ترعى الماشية الصبّار الشائك مباشرة.

السياج الدفاعي

لا يعرف الكثير عن هذا الشكل من زراعة الصبّار، إلاّ أنه من الواضح أن له دورا مهمّا في العديد من البلدان، وخاصة في شمال

أفريقيا وأجزاء من إيطاليا وإسبانيا، حيث يتمّ حماية العديد من المزارع عن طريق حواجز بيولوجية.

إضافة إلى دورها الدفاعي الفعال، فقد لعبت هذه الحواجز بشكل تقليدي دوراً هاماً في تنظيم المشاهد الطبيعيّة والاقتصاد الاجتماعي المحلّي بوصفها دليلاً على الحقوق المتعلقة بحدود الأراضي وملكية الأرض في البلدان أو المناطق التي تنتشر فيها الملكية الجماعية للأراضي، كما هو الحال في شمال أفريقيا. تُزرع حواجز الصبّار عادة كدليل على ملكية الأراضي. علاوة على ذلك، فإنها تساهم في مكافحة الإنجراف، وخاصة عندما يتم إنشاؤها على طول الخطوط المتآكلة (لو هويرو، 2002).

تأخذ مزارع الصبّار أيضاً شكل حظيرة حول المنازل الريفيّة. إن هذا النوع من المزارع «القريبة» هو مصدر لتغذية الماشية الخاصة بالأسرة، وكذلك توفير الثمار للاستهلاك الذاتي وحظيرة لدواجن الأسرة.

الإنتاج المزدوج: العلف والثمار

يعدّ هذا النظام الأكثر شيوعاً وانتشاراً، فهو سائد في جميع البلدان تقريباً حيث تسمح الظروف البيئية للصبّار بالنمو، ويكون جزءاً من المعرفة والتقاليد المحلية. يوجد نوعان رئيسيان من المزارع هما: بساتين الثمار المتخصّصة والمكثّفة، حيث يكون الهدف إنتاج ثمار ذات جودة عالية للتسويق المحلي أو للتصدير؛ وبساتين ذات مدخلات منخفضة، حيث تكون الثمار بشكل أساسي من أجل الاستهلاك الذاتي أو السوق المحلي. في كلتا الحالتين، يوفر التقليم كميات كبيرة من الألواح التي تُباع و/ أو تُستخدم على مستوى المزارع لتغذية الماشية.

استصلاح المراعي

طُبِّقَت ممارسات تحسين المراعي باستخدام الصبّار الأملس بشكل رئيسي في شمال أفريقيا منذ أوائل 1930 - 1940. أفاد لو هويرو (2002) أنه تم تطوير مزارع العلف بشكل منهجي، خاصة في تونس، على أساس البحث الذي أجراه جريفيث وزملاؤه في تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية. ففي عام 1932، دعت حكومة تونس الخبير جريفيث وطبّقت خبرته التي تبلغ 30 عاماً في استخدام الصبّار كعلف في وسط تونس للتخفيف من تأثيرات الجفاف على الماشية. علاوة على ذلك، جرى التصريح بتخصيص الأراضي في وسط تونس بشرط أن يزرع المستفيدون المتعاقدون، من بين أمور أخرى، عشرة في المائة من الأرض المخصصة بالصبّار الأملس ليشكل حاجزاً في حالات لطوارئ واحتياطياً جاهزاً لمحصول العلف. وتبين أن هذا القرار كان قراراً حكيماً، لأن الدولة عانت من الجفاف الشّديد لمدّة ثلاث سنوات خلال الفترة 1946 - 1948، عندما انقرضت 75-70 في المائة من الماشية – ولكن ليس في مزارع الصبّار (لو هويرو، 2002).

من وجهة نظر زراعية، ومن أجل استصلاح أو تحسين المراعي أو الأحراج أو المناطق الغابية أو المناطق الزراعية الفقيرة التي تتسم بتربة سطحية، أو صخرية، أو شديدة الانحدار ،أو رملية أو حيثما يكون المناخ شديد الجفاف بحيث لا يسمح بالزراعة، يجب تطبيق استراتيجية زراعية مناسبة تتمثل في: كثافة تعادل 1000 - 2000 لوح مفرد أو مزدوج لكل هكتار، مع تباعد يعادل بين خمس وسبع أمتار بين الصفوف و من المتر الواحد إلى المتران داخل الصفوف. وبصفة عامة، لم يتم استخدام معالجات خاصة (على سبيل المثال، استخدام سماد، والتقليم والمعالجة من الآفات والأمراض). يمكن تطبيق الري التكميلي خلال فترة الإنشاء – ولكن يكون ذلك فقط إذا كانت السنة الأولى جافة للغاية. تصبح المزارع قابلة للاستغلال بعد مابين ثلاث وأربع سنوات، وتنمو بشكل كامل بعد سبع وعشر سنوات؛ فإذا تمت إدارتها على نحو رشيد، يمكن أن تظل منتجة لأكثر من 50 سنة.

يمكن زيادة إنتاجية المراعي المزروعة بنسبة تتراوح بين واحد وعشر أضعاف عندما يكون متدهوراً للغاية، وما بين واحد وخمس أضعاف عندما يكون في حالة جيدة (لو هويرو، 2002)؛ جرى الإبلاغ عن نتائج مماثلة من جانب نفزاوي والمريد (2009). يتم الحصول على نتائج رائعة مع الشجيرات التي تنمو سريعاً كالأكاسيا سيانوفيلا (Acacia cyanophylla Lindl) أو الصبّار (Opuntia ficus-indica) في وسط تونس (الجدول رقم 1).

الجدول رقم (1) إنتاجية المراعي الطبيعية والمحسنة في تونس (نفزاوي والمريد، 2009)

نوع المراعي	الإنتاجية (وحدة العلف لكل هكتار ولكل سنة)[أ]
مرعى طبيعي في ظاهر تطاوين، تونس (100 مليمتر من الأمطار)	100 - 35
مرعى خاص محسن عن طريق محصول الصبّار في أولاد فرحان، تونس (250 مليمتر من الأمطار)	1 000 - 800
مرعى تعاوني محسن عن طريق أكاسيا سيانوفيلا ليندلي، قطيس، تونس (200 مليمتر من الأمطار)	500 - 400

أ تعادل وحدة واحدة من العلف 1 كيلو غرام من الطاقة الممثلة لحبوب الشعير (12.4 ميجا جول لكل كيلو غرام من المادة الجافة)

يوجد عدد قليل من أنواع النباتات القادرة على زيادة إنتاجية الأرض بهذا المعدل المرتفع، خاصة في الأراضي التي تعاني من انخفاض كفاءة استخدام الأمطار (مقاسة بالكيلو غرام من المادة الجافة في كل هكتار في السنة لكل مليمتر)، على سبيل المثال (لو هويرو، 1984):

- مراعي البحر المتوسط المتدهورة: كفاءة استخدام الأمطار =1 - 3
- المراعي التي في حالة جيدة: كفاءة استخدام الأمطار =4 - 6
- المراعي الصحراوية: كفاءة استخدام الأمطار =0.1 - 0.5

مع ذلك، فانّ لدى الصبّار كفاءة استخدام أمطار (RUE) مرتفعة. كفاءة استخدام أمطار المراعي التي أعيد استصلاحها بالصبّار O. ficus-indica تبلغ 10 - 20 كيلوغرام من المادة الجافة (DM) فوق الأرض لكل هكتار في السنة لكل مليمتر في المناطق القاحلة حيث تتراوح كمية الأمطار بين 200 - 400 مليمتر في السنة.

الزراعة بالممرّات

يعدّ التوسع في زراعة الحبوب في المراعي وانخفاض ممارسات إراحة الأرض الزراعية من بين الأسباب الرئيسية لتدهور خصوبة التربة والتّعرية بفعل الرّياح. تتمثل إحدى طرق مكافحة التدهور الناتج عن الزراعة أحادية المحصول للحبوب في إدخال بقول أعلاف وشجيرات/ أشجار علفيّة والصبّار في نظم الزراعة (نفزاوي وآخرون، 2011).

إن الزراعة بالممرات هي ممارسة زراعية غابوية حيث تُزرع المحاصيل المعمرة في الوقت نفسه مع محصول زراعي (الشعير والشوفان وما شابه ذلك). تزرع الشجيرات أو الأشجار في صفوف عريضة (على سبيل المثال، 10 - 15 مترا) مع محصول في المساحة الفاصلة بينها. إن الزراعة بالممرات هي شكل مختلف من زراعة أعشاب علفية بين الأسيجة النباتية. تفضل أن تكون أنواع الأشجار أو الشجيرات بقولية وسريعة النمو (سارايفا، 2014). تحسّن الأشجار البقولية خصائص التربة (على سبيل المثال، إعادة تدوير المغذيات، تثبيت النتروجين (N2) البيولوجي)، وتحدّ من تكاثر الأعشاب الضّارة وتكافح التعرية في الأراضي المنحدرة. تتيح الزراعة بالممرّات للمزارع مواصلة زراعة الأرض في حين تساعد الأشجار أو الشجيرات المزروعة في الصفوف المتقطعة على الحفاظ على جودة التربة. يمكن أن يعمل الصبّار كحاجز صدّ للرياح، ما يؤدي إلى نواتج محسنة من العشب والحبوب. تسمح الممرات العريضة للحيوانات بأكل الطبقة الحيوية أو جذامات الحبوب في الصيف، ويمكن جمع الألواح وتقطيعها وإعطاؤها مباشرة للحيوانات كمكمل للأعلاف منخفضة الجودة (نفزاوي وآخرون، 2011).

إذا تمت إدارتها بشكل جيّد، يمكن أن توفّر الزراعة بالممرات دخلاً على فترات زمنية مختلفة من أجل الأسواق المختلفة بطريقة مستدامة وموجهة نحو المحافظة. يمكن لتصاميم الممرات الاستفادة بشكل أفضل أيضاً من المساحة المتاحة بين الأشجار وإضافة حماية وتنوع للحقول الزراعية.

هناك معدل اعتماد منخفض لبساتين الصبّار بوصفها زراعة ذات محصول واحد لأسباب متعددة، تتراوح من التصميم الفني للمزارع وسوء الإدارة وصولاً إلى التنافس على الأراضي التي تخصص عادة لمحاصيل الحبوب. مع ذلك، تتغلب الزراعة بالممرات على بعض من هذه المعوقات لأنها:

- تحسن خصوبة التربة؛
- تزيد من غلة المحصول؛
- تحد من الأعشاب الضارة؛
- تحسن أداء الحيوانات.

تسمح الزراعة بالممرات المدارة بشكل صحيح بالتنوع ويمكن للمزارعين الاستفادة من عدة أسواق. كما أنها تعزز الاستدامة في كلٍ من إنتاج المحصول وإنتاج الماشية من خلال زيادة إنتاجية الأرض والحد من مخاطر الطقس مقارنة بزراعة المحاصيل السنوية ولقد جرى تقييم فوائد الزراعة بالممرات الخاصة بالصبّار-الشعير في تونس (ألاري وآخرون، 2007؛ شديد وآخرون، 2007). وازداد إجمالي الكتلة الحيوية (القش زائد الحبوب) للشعير المزروع بين صفوف الصبّار عديم الأشواك من 4.24 إلى 6.65 أطنان لكل هكتار وللحبوب من 0.82 إلى 2.32 طن لكل هكتار مقارنة بالشعير المزروع بمفرده. تعكس هذه النتائج التأثير على البيئة الموضعية التي تتسبب فيها الزراعة بالممرّات، وخاصة تأثير «صد الرياح» المفيد الذي يحد من فقد الماء ويزيد من رطوبة التربة. حفز محصول الشعير زيادة في عدد الألواح والثمار، في حين زاد الصبّار من كمية مواد الجذور التي تساهم في المادة العضوية للتربة.

إن البقوليات الشجرية هي خيار آخر للزراعة بالممرات مع الصبّار. تضيف البقوليات الشجرية النتروجين (N) إلى النظام، ما يوفر بروتين وأليافا للأنظمة الغذائية للماشية القائمة على الصبّار. وفي البرازيل، تم استخدام الإغليريسيديا البنية أولوسينا بيضاء الرأس مع الصبّار، وأُجريت مقارنة مع الصبّار المزروع في مزرعة أحادية المحصول. لم تغير إضافة البقوليات إجمالي الكتلة الحيوية، ولكنها وفرت مصدر علف متنوع (الجدول رقم 3). يمكن زراعة الصبّار والبقوليات محلياً في المناطق شبه القاحلة، ممّا يقلل من الاعتماد على الحبوب الأجنبية لتحقيق الأمن الغذائي.

الجدول رقم (2) التغيرات في إجمالي الكتلة الحيوية وغلال محصول الشعير في سيدي بوزيد (تونس)[أ]

المعالجة	مرعى طبيعي	محصول شعير (وحده)	محصول الصبّار (وحده)	الزراعة بالممرات (الصبّار+ الشعير)
الكتلة الحيوية فوق سطح الأرض (طن لكل هكتار)	0.51	0.53	1.87	7.11
الكتلة الحيوية تحت سطح الأرض (طن لكل هكتار)	0.33	0.11	1.8	1.98
ثمار حبوب الشعير، (طن لكل هكتار)		0.82		2.32
حبوب الشعير + القش + الأعشاب (طن لكل هكتار)		4.24		6.65

[أ] إن متوسط كمية الأمطار في سيدي بوزيد هو 250 مليمتر في السنة. لم يتم استخدام أي أسمدة في جميع المعالجات. المصدر: ألاري وآخرون . (2007).

الجدول رقم (3) إنتاجية الكتلة الحيوية في الزراعة بالممرات بالصبّار والإغليريسيديا البنية أو اللوسينا بيضاء الرأس، بيرنامبوكو، البرازيل

النظام المحصولي	الكتلة الحيوية للصبّار	الكتلة الحيوية للبقوليات	إجمالي الكتلة الحيوية
	طن من المادة الجافة (DM) لكل هكتار في السنة		
الصبّار + الإغليريسيديا	13.6أ	4.2أ	17.8أ
الصبّار + اللوسينا	14.0أ	2.6ب	16.6أ
الصبّار	16.9أ	–	16.9أ
الخطأ المعياري	1.0	0.2	0.8

[أ،ب] تعني في العمود نفسه يليها حروف صغيرة مماثلة لا تختلف بواسطة اختبار توكي عند 5 في المائة . المصدر: سارايفا (2014).

الشكل رقم (2) أمثلة لتقنية الزراعة بالممرات باستخدام الصبّار والذرة (مصدر الصورة: جايمي مينا).

الشكل رقم (3) الزراعة بالممرات باستخدام الصبّار والإغليريسيديا البنية، ولاية بيرنامبوكو، البرازيل (البقوليات الشجرية مزروعة في الصفوف، و الصبّار مزروع بين الصفوف) (مصدر الصورة: خوسيه دوبيوكس)

النظام المكثف
(الكثافة المرتفعة مع الري أو من دونه)

يقتصر النظام المكثف لإنتاج علف الصبّار على عدد قليل من البلدان، وهو منتشر بشكل رئيسي في شمال شرق البرازيل وبعض المناطق في المكسيك. يوضح الشكل رقم (4) مثالا حيّاً على التكثيف في المكسيك، حيث تتم زراعة الصبّار في ظل الري بالتنقيط والري المسمد في مزرعة ماشية ألبان (الشكل رقم 4).

تشير التجارب الأخيرة في البرازيل إلى أن الري بالتنقيط الذي يبلغ عشر ملليمتر في الشهر (2.5 ملليمتر في الأسبوع) باستخدام الماء الذي تم حصده باستخدام مستجمع الماء في الموقع يزيد من الإنتاجية ويتيح زراعة الصبّار في المناطق حيث كان نمو الصبّار محدوداً في السّابق بسبب درجات الحرارة الدافئة في الليل وقلة رطوبة التربة (ليما وآخرون، 2015).

الشكل رقم (4)
مزرعة الصبّار لإنتاج العلف (الصورة العلوية)؛ تفاصيل معدات الري والتسميد (الصورة السفلية)، زاكاتيكاس، المكسيك.

الممارسات الزراعية

التكيف البيئي

ينمو الصبّار بشكل طبيعي في مجموعة من البيئات: من مستوى سطح البحر في صحاري كاليفورنيا إلى 4 700 متر فوق مستوى سطح البحار في جبال الأنديز البيروفية؛ من المناطق الاستوائية في المكسيك ذات درجات الحرارة التي تكون دائماً أعلى من خمس درجات مئوية إلى أجزاء من كندا حيث تنخفض درجات الحرارة لتصل إلى 40 درجة مئوية تحت الصفر (نوبل، 1995). بينما يحتاج الصبّار إلى تربة ذات خصوبة مرتفعة من أجل الوصول إلى طاقته الإنتاجية القصوى، فهو ينمو أيضا في التربة الفقيرة. لكنه يحتاج إلى تربة جيّدة الصرف ولا يتحمل التربة المالحة (بيري ونوبل، 1985).

لدى الصبّار مسار بناء ضوئي بأيض الحمض العصاري: فعند تعرضه للإجهاد المائي، يفتح ثغيراته في الليل فقط للحد من فقدان الماء. لذا تعد الليالي الباردة (15 - 20 درجة مئوية) مفيدة لنموه مقارنة بالليالي الحارة (أعلى من 25- 30 درجة مئوية). تزيد درجات الحرارة المرتفعة من قدرة الهواء على الاحتفاظ ببخار الماء، ما يخفّض بالتالي من الرطوبة النسبية. في المقابل، تزيد درجات الحرارة الباردة من الرطوبة النسبية في الغلاف الجوي وتحد من فقدان الماء. أبلغ نوبل (1995) عن انخفاض في قدرة الاحتفاظ بالماء في الغلاف الجوي من 39.7 غرام للمتر المكعب عند 35 درجة مئوية إلى 6.8 غرام فقط للمتر المكعب عند خمس درجات مئوية. وبما أن درجات الحرارة في الليل مرتبطة أيضاً بالارتفاعات، فإن الصبّار ينمو بشكل أفضل في المرتفعات، نظراً إلى أن فقدان الماء يكون أقل خلال الليالي الأكثر برودة. وقد أشار روشا (1991) إلى أنه كل 100 متر من الارتفاع يؤدي إلى انخفاض في متوسط درجة الحرارة يبلغ 0.65 درجة مئوية.

لدى Opuntia وNopalea أعلى إمكانية لإنتاج العلف مقارنة بالأنواع الأخرى من الصبّار. يتطلب Nopalea عادة كمية أمطار أكثر (أكثر من 600 مليمتر في السنة) من opuntia (أكثر من 400 مليمتر في السنة). يؤثر التفاعل بين هطول الأمطار وارتفاع درجة الحرارة على نمو الصبّار: يتطلب كمية أمطار أقل على ارتفاع عال في الليالي الباردة مما هو الحال في موقع ذي درجات حرارة دافئة ليلاً.

الإنشاء والأصناف

يتكاثر الصبّار خضرياً. ويتم استخدام الألواح كمواد تكاثرية وهي تحافظ على الخصائص الوراثية للمادة الأم. عند إنشاء البستان، ينبغي مراعاة عوامل متعددة، بما في ذلك: صنف الصبّار ونوع اللوح المستخدم (أحادي، ثنائي أو ثلاثي)، وعدد الألواح وموضعها وتوقيت الغرس والتباعد بين النباتات وطريقة الغرس ومكافحة الأعشاب الضارة، والتسميد، ووجود آفات وأمراض. ممارسات الإدارة الرشيدة غالباً ما تتداخل وينبغي تحليلها بعناية في نظام ممنهج.

ينبغي استخدام الأصناف المشار إليها لإنتاج العلف والمتكيّفة مع الظروف البيئية المحددة، ويتعين إجراء تجارب للأصناف في مواقع ومناطق مختلفة لاختيار الأصناف عالية الأداء.

من المهم مراعاة انتشار الآفات والأمراض في بعض المناطق واختيار أفضل صنف لكل منطقة. ففي البرازيل، على سبيل المثال، تتضمن الأصناف الشائعة 'جيجانتي' و'ريدوندا' (Opuntia ficus-indica Mill)، ولكن أدى تفشي دودة القرمز (Dactylopius opuntia Cockerell) إلى تغير في التوصية حول الصنف. يزرع المنتجون في المنطقة حالياً أصنافا تتحمل هذه الحشرة ('Orelha de elefante Mexicana' – الصبّار ؛ 'Miuda' – و Nopaleas cochenillifera Salm-Dyck). يعدّ هذا مثالاً على نهج متكامل، مع الأخذ في الحسبان القيود البيئية المختلفة عند اختيار الصنف الأكثر ملاءمة.

بمجرد أن يتم تحديد أفضل صنف، يكون اختيار الموقع أمراً أساسياً لتحقيق النجاح. يجب أخذ الخصائص البيئية في الحسبان، ويجب أن يكون للموقع تربة جيدة الصرف وخصوبة تربة متوازنة (دوبيوكس وسانتوس، 2005).

يحدث الغرس عادة في الثلث الأخير من الفصل الجاف بهدف الحد من وجود الكائنات الممرضة للنباتات، والتي تكون أكثر شيوعاً خلال فصل الأمطار (إنجليس، 1995؛ فارياس وآخرون، 2005). تكون ألواح الصبّار التي غرست خلال موسم الجفاف قادرة على تطوير الجذور الأولية بعد الغرس، وبالتالي الحد من حدوث الأمراض في الفصل الرطب. عند حصد مواد الغرس، يوصى بتركها في الظل للسماح للجزء المقطوع بالالتئام والحد من حدوث الأمراض. يوصي كلٍ من موندراغون جاكوبو وبيمينتا باريوس (1995) بوضع الألواح في الظل لمدة تتراوح بين أربع وست أسابيع قبل الغرس من أجل التئام القطع والحد من حدوث الأمراض. في البرازيل، من الشائع وضع الألواح في الظل لمدة تتراوح بين خمسة وسبعة أيام للحصول على نتائج جيدة (فارياس وآخرون، 2005). يمكن استخدام مبيد فطريات (على سبيل المثال، ثيابندازول عند 60 في المائة أو «خليط بوردو») للحد من الأمراض الناتجة عن الفطريات (موندراغون جاكوبو وبيمينتا باريوس، 1995؛ فارياس وآخرون، 2005). ينبغي استخدام الألواح البالغة من الجزء المتوسط من النبتة من أجل التكاثر (تابيا، 1983).

إذا كان استخدام الآلات أمراً متاحاً، يمكن غرس الصبّار في الأخاديد بعمق 15 - 20 سنتيمترا. مع ذلك، يشيع استخدام مجرفة وإيجاد حفر فردية، خاصة في نظم الزراعة الصغيرة. بصفة عامة، يوصى بوضع لوح واحد في كل حفرة (أو موضع خد)؛ حيث يمكن أن يؤدي غرس أكثر من لوح واحد في موضع واحد إلى محصول أعلى، ولكن تكاليف الإنشاء المرتفعة لا تبرر دائماً استخدام مواد الغرس أكثر من مرتين أو ثلاث مرات (مافرا وآخرون، 1974). على نحو مماثل، يمكن غرس نصف لوح، ولكن تنخفض الإنتاجية عادة، خاصة في الحصاد الأول (ميديروس وآخرون، 1997). بناء على الصنف المزروع، تختلف الكتلة اللوحية، حيث تتراوح من 0.5 إلى 1 كيلو غرام لمعظم أصناف الصبّار، على الرغم من وجود ألواح أثقل عادة. تكون الألواح من أصناف Nopalea عادة أخف وزناً (0.3 - 0.7 كيلو غرام).

يؤثر موضع الألواح في الإنشاء. اختبر مافرا وآخرون (1974) ثلاثة مواضع: الأفقي والرأسي والمائل. بينما لم يتم الكشف عن اختلاف في إنتاج الكتلة الحيوية، ولوحظ الميل عندما وضعت الألواح أفقياً عند الغرس. وبناء على ذلك، يوصي المؤلفون بالغرس بطريقة رأسية أو مائلة، على أن يكون ثلث

اللوح مدفوناً. يمكن أن يكون توجيه الألواح – شمال - جنوب (N-S) أو شرق – غرب (E-W) – مهماً أيضاً. في المكسيك، لاحظ رودريغز وآخرون (1975) أن الألواح المواجهة للشمال- الجنوب أنتجت أقل من الألواح المواجهة للشرق- الغرب، وقد أرجعوا النتائج إلى اعتراض الضوء الأكبر مع اتجاه الشرق - الغرب. في البرازيل، من ناحية أخرى، أشارت الدراسات إلى عدم وجود اختلافات بين توجيه اللوح نحو الشمال - الجنوب أو الشرق - الغرب. تأخذ الألواح الصغيرة في الواقع اتجاهات مختلفة، ما يؤدي إلى بنية نبات فريدة تحسّن اعتراض الضوء. من المهم إتباع خطوط خخارجية، خاصة على المنحدرات شديدة الانحدار؛ ينبغي أن يواجه الصبّار المنحدر للحد من إنجراف التربة.

يتفاوت التباعد بين النباتات وفقاً لنظام الإنتاج والبيئة. يمكن زراعة الصبّاركمحصول وحيد أوتتم زراعته بين المحاصيل التجارية. اختبرفارياس وآخرون (1989) مباعدات بين النباتات مختلفة للصبّارالمزروع بينيا مع السرغوم (الذرة البيضاء Sorghum bicolor L). جرت المباعدة بين الألواح بمسافة 3 × 1 × 0.5 مترأو 7×1 ×0.5 متر، وزُرع السرغوم بين الصفوف. أنتج الصبّاركتلة حيوية أقل في المباعدة الأوسع، ولكن عوّض الخسارة وجود السرغوم. إذا أتيح استخدام الآلات، ينبغي أخذ هذا أيضاً في الحسبان عند اختيار التباعد الأمثل، والذي يمكن أن يختلف أيضا حسب المواقع. في المناطق الأكثر جفافاً، ينبغي أن يكون التباعد أكبر بحيث يمكن للنباتات الفردية أن تبني كتلة جذور أكبر، مما يحد من المخاطر خلال فترات الجفاف (دوبيوكس وآخرون، 2011 أ،ب).

تعدّ المواقع التي تتمتع بخصوبة تربة أفضل وكمية أمطار أعلى أكثر ملاءمة لاستضافة مزارع الصبّار عالية الكثافة. لاحظ سوزا (2015) زيادة في ناتج المادة الجافة من صبّار القرمز حيث ازدادت كثافة التجمع من 10 417 نبتة في الهكتار عند 1.2 × 0.8 متر إلى 333 83 نبتة في الهكتار عند 1.2 × 0.1 متر. لوحظت أيضا الاستجابات الخطية للتباعد بين النباتات من قبل سيلفا (2012) مع تجمع نباتي يتراوح من 20 ألفا إلى 160 ألف نبتة في كل هكتار. لوحظت استجابات أكبر حتى في ظل ظروف التسميد العضوي الأعلى (80 طنا في كل هكتار من زبل الماشية).

التسميد

لدى صبّار Opuntia و Nopalea إمكانية إنتاجية عالية، ولكن يتم الوصول إليها من خلال التسميد المناسب فحسب (سيلفا، 2012). يعدّ استخراج المغذيات من حقول الصبّار المخصصة لإنتاج العلف مرتفعا بسبب إزالة الألواح من المنطقة في عمليات القطع والحمل. يتفاوت تركيز المغذيات في الألواح بناء على الصنف المزروع والظروف البيئية والإدارة.
باعتبار متوسط تركيز (على أساس المادة الجافة(يبلغ 0.9 في المائة من النتروجين (N) و0.16 في المائة من الفوسفور (P) و 2.58في المائة من البوتاسيوم (K) و2.35 في المائة من الكالسيوم (سانتوس وآخرون، 1990) (Ca)وإنتاجية سنوية تبلغ 20 طنا من المادة الجافة لكل هكتار، سوف تكون المغذيات المصدرة (كيلو غرام لكل هكتار في السنة) 180 كيلو غرام من النتروجين (N) و32 كيلو غرام من الفوسفور (P) و516 كيلو غرام من البوتاسيوم (K) و470 كيلو غرام من الكالسيوم (Ca)، دون الأخذ في الحسبان المغذيات الكبيرة والمغذيات الدقيقة الأخرى (دوبيوكس وسانتوس، 2005). بناء على ذلك، ينبغي مجاراة هذا الطلب على المغذيات بالتسميد لكي يكون النظام مستداماً مع مرور الوقت.

يستجيب الصبّار غالباً للتسميد العضوي بشكل أفضل من التسميد الكميائي (منديز غاليغوس ومارتينيز هرنانديز، 1988؛ سانتوس وآخرون، 1996). يوجد عادة تفاعل بين مستوى التسميد والتباعد بين النباتات والظروف البيئية؛ فكلما كان التجمع النباتي أكبر، زادت المدخلات اللازمة من الأسمدة. أظهر الصنف المزروع 'Opuntia ficus-indica Mill.' (IPA-20) استجابات خطية تصل حتى 80 طنا لكل هكتار من السّماد العضوي، مع تجمع نباتي يتراوح من 20 ألف نبتة إلى 160 ألف نبتة في كل هكتار. لوحظت استجابات أكبر في حال الجمع بين تسميد عضوي أعلى وتجمع نباتي أعلى. يمكن أن تصل الأنظمة المكثفة مثل هذه إلى إنتاجية سنوية تتجاوز 50 طنا من المادة الجافة لكل هكتار (سيلفا، 2012). مع ذلك، يستخدم المنتجون في شمال شرق البرازيل ما يتراوح بين 20 - 30 طنا لكل هكتار. في الواقع، يمكن ألا يتمكن صغار المزارعين من الحصول على كميات كبيرة من السّماد العضوي، وقد يحدث عدم توفّر الوقت واليد العاملة.

ينبغي دمج السّماد العضوي في التربة (إنغليس، 1995؛ موندراغون جاكوبو وبيمينتا باريوس، 1995) أو يوضع على السطح عند الغرس وبعد كل حصاد. أجرى سارافيا (2014) تقييماً لمختلف مصادر السماد العضوي (فضالات الماشية، ومخلفات الدواجن) على نمو (Nopalea cochenillifera Salm-Dyck). جرى استخدام المصادر العضوية بالمعدل نفسه (200 كيلو غرام من النتروجين (N) لكل هكتار) – على الرغم من أنه، بالنظر إلى أن تركيز النتروجين (N) يختلف بين المصادر، حيث تفاوت إجمالي الكمية في الواقع – ولم يلاحظ المؤلفون أي اختلاف في إنتاجية الصبّار. قام كلٍ من بيري ونوبل (1985) بتقييم الإجهاد المعدني في نوعين (O. ficus-indica و Ferocactus acanthodes) وقد لاحظوا أن هذه الأنواع لا تتطلب مستويات مرتفعة من الكالسيوم (Ca) في محلول التربة. في الواقع، لم يتأثر نموها عندما تراوح مستوى حموضة التربة بين 4.5-8.5. تعكس المستويات المرتفعة من الكالسيوم (Ca) التي لوحظت في ألواح الصبّار أوكسالات كالسيوم (Ca) مرتفعة. يعدّ البوتاسيوم المادة الغذائية التي يجري استخراجها بأكبر كميات نتيجة لتركيزها المرتفع في الألواح. بناء على ذلك، فمن الضروري تعويض البوتاسيوم (K) في التربة بعد كل حصاد للحفاظ على الإنتاجيّة.

يمكن أن يكون مزج الأسمدة العضوية والكيميائية هو الخيار الأفضل عند وجود نقص في المواد العضوية. رأى كل من دوبيوكس وسانتوس (2005) أن عجزاً قد حدث في المغذيات في البساتين ذات التجمع النباتي المرتفع (40 ألف نبتة في كل هكتار) والإنتاجية المرتفعة (20 طن من المادة الجافة في كل هكتار في السنة) إذا جرى استخدام 20 طن فقط من فضالات الماشية لكل هكتار.

لاحظ نوبل وآخرون (1987) زيادة في إنتاجية الصبّار (Opuntia engelmannii Salm-Dyck) باستخدام 160 كيلو غرام من النتروجين (N) لكل هكتار و80 كيلو غرام من الفوسفور (P) لكل هكتار. لاحظ المؤلفون أيضاً أنّ البورون قد أدّى إلى زيادة الثمار بشكل ملحوظ. أشار نوبل (1995) إلى أن النتروجين (N) والفوسفور (P) والبوتاسيوم (K) والبورون (B) والصوديوم (Na) هي المغذيات التي تمارس التأثير الأكبر على الإنتاجية. رتّب باكا كاستيلو (1988) الفوسفور (P) والنتروجين (N) والبوتاسيوم (K) والكالسيوم (Ca) والبورون (B) والمغنيسيوم (Mg) والحديد (Fe) والمنجنيز (Mn) في ترتيب تنازلي من حيث الأهمية، باعتبارها المغذيات ذات التأثير الأكبر على النمو. في الواقع، لاحظ دوبيوكس وآخرون (2006) زيادة ثابتة في الإنتاجية (Opuntia ficus-indica Mill.) إلى ما يصل إلى 300 كيلو غرام من النتروجين (N) في كل هكتار في السنة في مواقع مختلفة من المنطقة شبه القاحلة في البرازيل. لقد لاحظوا أن التسميد بالنتروجين (N) أدى إلى زيادة تركيز النتروجين (N) في الألواح وتحسين كفاءة استخدام مياه الأمطار. أنتج التسميد بالفوسفور استجابات إيجابية في الثمار فقط عندما كانت نسبة الفوسفور في التربة أكثر من عشرة مليغرام لكل كيلو غرام.

لا تلائم التربة المالحة زراعة صبّار Nopalea، حيث إنها تقلل من نمو الأغصان والجذور (نيرد وآخرون، 1991ج؛ كالديرون بانياغوا وآخرون، 1997). أوضح كلٍ من بيري ونوبل (1985) أن جذور صبّار (O.ficus-indica Mill) تُظهر إجهاداً ملحياً عندما يصل تركيز كلوريد الصوديوم (NaCl) في المحلول المغذي إلى 25 مليمترا، مما يحد من نمو الأغصان.

التعامل مع الأعشاب الضارة

إن مكافحة الأعشاب الضارة ضرورية من أجل زيادة إنتاجيّة الصبّار. ولدى الصبّار جذور سطحية تنتشر أفقيا. وفي ظروف ملائمة، يمكن أن تنمو الجذور حتى تبلغ عمق يعادل 30 سنتيمترا وتنتشر أفقيا في نصف قطر يتراوح بين أربع وثمان أمتار (سودزوكي هيلز، 1995). بناء على ذلك، تتنافس الأعشاب مع الصبّار على المغذيات والرطوبة والضوء.

اختبر فارياس وآخرون (2005) طرقا مختلفة لمكافحة الأعشاب الضّارّة على نمو صبّار Opuntia ficus-indica Mill. cv. 'IPA-20'. عندما لا تتم مكافحة الأعشاب الضّارّة، بلغ الصبّار الذي تم إنتاجه ثلاثة أطنان فقط من المادة الجافة لكل هكتار بعد سنتين من النمو، مقارنة بما يبلغ 12 طنا من المادة الجافة لكل هكتار تم الحصول عليها باستخدام أفضل معالجة (جرى استخدام التيبوثيورون (Tebuthiuron) كمبيد للأعشاب قبل ظهوره (بمقدار ليترين لكل هكتار). بالتالي، أدّت مكافحة الأعشاب الضارة إلى زيادة ناتج الصبّار إلى أربعة أضعاف. لم تكن المكافحة الميكانيكية فعالة على قدر مبيدات الأعشاب التي يتم استخدامها قبل ظهور الأعشاب: ديورون (Diu-ron)، أو التيبوثيورون (Tebuthiuron)، أو مزيج من السيمازين (Sima-zine) والأميترين (Ametryne). إذا كانت الأعشاب مواد أعلاف ذات جودة محتملة، من الممكن تفادي استخدام مبيدات الأعشاب، وبدلا من ذلك جعلها تبناً لاستخدامها عند تغذية الماشية. ومع ذلك، يؤدي هذا النهج إلى انخفاض إنتاجية الصبّار (فارياس وآخرون، 2005). أشار كل من فليلكر وراسل (1988) إلى أنه يمكن استخدام الجليفوسات بمقدار 20 غراما لكل ليتر من أجل (O. lindheimeri) - وهو صنف من نبتة الأخدرية – من دون التسبب في أي ضرر. كما أشاروا أيضا إلى أن سداسي الزينون والسيمازين والتيبوثيورون يحفز أفضل ثمار لهذا النوع. يعد التباعد بين النباتات مهمّا من أجل مكافحة الأعشاب الضارة التي يتم تنفيذها بواسطة الآلات. وفي البرازيل، كانت مسافات التباعد بين النباتات المستخدمة لإنتاج الأعلاف من الصبّار هي 1.6 × 0.2 متر من أجل صبّار Opuntia و1.2 × 0.2 متر من صبّار Nopalea (سيلفا، 2012؛ سوزا، 2015).

إدارة الحصاد

يجب أن تراعي إدارة حصاد الصبّار كثافة الحصاد وتكراره وتوقيته. إن التفاعل بين هذه العوامل يؤثر في إعادة النمو. ولقد أُجريت العديد من تجارب الحصاد في شمال شرق البرازيل لتحديد أفضل استراتيجية حصاد لتحقيق أقصى قدر من النّموّ (ليما وآخرون، 1974؛ سانتوس وآخرون، 1996، 1998؛ فارياس وآخرون، 2000).

الشكل رقم (5)
حصاد الصبّار ونقله واستخدامه في ولاية بيرنامبوكو، البرازيل (مصدر الصورة: خوسيه دوبيوكس)

بصفة عامة، يتطلب تكرار الحصاد الزائد كثافة حصاد منخفضة، ويتفاعل هذان العاملان مع التجمع النباتي. تعد منطقة البناء الضوئي المتبقية بعد الحصاد مهمّة لزيادة إعادة نمو النبات، ويكون هذا هو الحال أيضاً بالنسبة إلى الصبّار. تكشف التجارب الحقلية عادة عن مؤشر مساحة ألواح منخفض، وهو الأمر الذي يقلل اعتراض الضوء ونمو النبات. يقترح نوبل (1995) مؤشر مساحة ألواح يتراوح بين أربعة وخمسة لزيادة إنتاجية الصبّار . يؤخذ كلا وجهي الألواح في الحسبان عند قياس مؤشر مساحة الألواح. وكلما كان التجمع النباتي أكبر، كان مؤشر مساحة الألواح أعلى، ما يؤدي إلى زيادة الإنتاجية عندما لا تحد عوامل أخرى من النمو. لاحظ فارياس وآخرون (2000) أنه عندما تم جمع منتوج صبّار (O. ficus-in-di-ca Mill.) كل أربع سنوات، لم يكن هناك أي فرق بين الحفاظ على الألواح الأوليّة والألواح الثّانويّة. من ناحية أخرى، يتطلب الحصاد كل سنتين قطعاً أقل حدة مع الحفاظ على جميع الألواح الثّانويّة. مع ذلك، لقد أُجريت هذه التجربة على تجمع نباتي يتجاوز عشرة آلاف نبتة في الهكتار؛ مع تجمع نباتي أكثر كثافة، يمكن القيام بالحصاد بشكل أكثر تكراراً نظراً لمؤشر مساحة الألواح (CAI) المتبقية الأكبر بعد القطع. لاحظ سوزا (2015) أن الإنتاجية قد زادت مع التجمع النباتي الأكبر (تقريبا 333 83 نبتة لكل هكتار)، مع الحصاد مرة كل سنتين، والحفاظ على الألواح الأولية. مع ذلك، يتطلب هذا النظام المكثف مدخلات أعلى من السّماد العضوي.

يُحصد الصبّار عادة في الفصل الجاف، عندما يكون علف الماشية شحيحاً. في نظم الإنتاج الأكثر كثافة، يعد الصبّار عنصراً في النظام الغذائي للماشية على مدار السنة، ولكن إمداده على مدار السنة ليس أمرا شائعا في معظم المناطق. يستفيد المنتجون عادة من فصل الأمطار من أجل العشب والمراعي، تاركين الصبّار للفصل الجاف. خلال فصل الأمطار، يزداد محتوى الرطوبة في الألواح وتوجد فرصة أكبر لوجود الكائنات الممرضة على الجزء المقطوع من الألواح، ما يؤدي إلى المزيد من المشكلات المتعلقة بالأمراض.

الرّيّ

لا يعد الرّيّ ممارسة شائعة في بساتين الصبّار المخصّصة لإنتاج العلف. في بعض المناطق حيث يحد هطول الأمطار القليل المرتبط بدرجات الحرارة الدافئة في الليل من نمو الصبّار، تم استخدام كميات قليلة من الماء إلى توسيع المساحة المزروعة بالصبّار. لاحظ دوبيوكس وآخرون (2015ب) أن استخدام الرّيّ بالتّنقيط (عشر مليمترات في الشهر فحسب) أدى إلى إنتاج كمية من المادة الجافة سنوية توازي أو تتجاوز 19.6 طنا في كل هكتار في منطقة لم تكن مناسبة لنمو صبّار O. ficus-indica Mill. بشكل جيد بسبب انخفاض كمّيّة الأمطار ودرجات الحرارة الدافئة ليلا. يمثل تركيز الملح في ماء الري مشكلة. ويحدّ استخدام كميات قليلة من الماء والسماد العضوي من أية مشكلة ملوحة محتملة. لاحظ سنيمان (2004) أن ريّا يبلغ 13.6 و11.6 مليمتر، فحسب لصبّار O. ficus-indica وصبّار O. robusta، على التوالي، كاف لملء الألواح في النباتات المعرضة لنقص الماء. في النظم المروية بماء الأمطار، تتفاوت كفاءة استخدام الأمطار وفقاً للبيئة وممارسات الإدارة. أبلغ دوبيوكس وآخرون (2006) عن متوسط كفاءة أمطار يبلغ 18 كيلو غرام من المادة الجافة لكل هكتار لكل مليمتر، مع قيم تتراوح من 5 إلى 35 كيلو غرام من المادة الجافة لكل هكتار لكل مليمتر.

الإنتاجيّة

يمكن أن يصل الصبّار إلى إنتاجيّة مرتفعة في النظم البيئية الزراعية شبه القاحلة المروية بماء الأمطار. حقق نظام مروي بماء الأمطار في شمال شرق البرازيل إنتاجية تتجاوز 50 طنا من المادة الجافة لكل هكتار في السنة في نظم الزراعة المكثفة بما في ذلك استخدام مستويات مرتفعة من السّماد العضوي (80 طنا لكل هكتار في السنة) وتجمع نباتي مرتفع (160 ألف نبتة في الهكتار) (سيلفا، 2012). ومع ذلك، فإنّ متوسط إنتاجية نظم الزراعة الصغيرة منخفض، وذلك نتيجة للتسميد الأقل والتجمعات النباتية الأصغر وغياب مكافحة الأعشاب الضارة. وتعكس البيانات التي أبلغ بها سيلفا (2012) االإنتاج المحتمل للصبّار في المناطق شبه القاحلة. تعد إنتاجية بستان تبلغ 20 طنا من المادّة الجافّة لكل هكتار في السنة (سانتوس وآخرون، 2000) كافية لتغذية أربع أو خمس بقرات في السنة. في المنطقة نفسها، توجد حاجة لمساحة 15 هكتارا من المراعي لتغذية وحدة ماشية واحدة في السنة، ما يعني أن إنتاجيّة الصبّار قد تكون أعلى بما يتراوح من حوالي 60 إلى 75 مرة. يمكن أن توفر مساحة صغيرة من الصبّار علفاً كافياً للحفاظ على القطعان بالإضافة إلى تخفيف الضغط على موارد المراعي الطبيعية.

مع ذلك، يمكن أن تكون الإنتاجية في نظم المدخلات المنخفضة أقل بكثير. سجّل فارياس وآخرون (2005) إنتاجية تعادل 1.5 طن من المادة الجافة لكل هكتار في السنة دون أية مكافحة للأعشاب الضارة في حقل الصبّار. تقلل غالبا زراعة الصبّار مع محاصيل أخرى من الإنتاجية. أفاد فارياس وآخرون (2000) أن إنتاجية الصبّار تتراوح بين 2.2 و 3.4 أطنان من المادة الجافة لكل هكتار في السنة مع خمسة آلاف نبتة في الهكتار تتم زراعتها مع السرغوم (الذرة البيضاء Sorghum bicolor (L.) Moench). في الختام، تتفاوت الإنتاجية مع المدخلات والأنظمة؛ يجب أن يأخذ المنتج في حسبانه توافر الأرض والقيمة الاقتصادية للمدخلات والمخرجات عند اتخاذ قرار يتعلق بأفضل نظام يلائم حالة معينة.

جودة الأعلاف المغذيات

إن ألواح صبّار Opuntia spp تحتوي على كمية كبيرة من الماء والسكريات والرماد والفيتامينات أ (A) وج (C)، ولكنها ذات قدر منخفض من البروتين الخام (CP) والألياف (بن سالم وآخرون، 1996؛ هيرو، 1996أ؛ باتيستا وآخرون، 2003 أ، ب). فإنها تظهر نسبة كالسيوم (Ca) إلى فوسفور (P) مرتفعة وهي مستساغة بشكل كبير (تيجين، 2001؛ نفزاوي وبن سالم، 2001). مع ذلك، فقد أظهر عدد من المؤلفين (على سبيل المثال، لو هوريرو،

1996أ؛ أزوكار، 2001؛ نفزاوي وبن سالم، 2001؛ تيجين، 2001) تباينا كبيراً في القيمة الغذائية للألواح بين الأنواع والأصناف المزروعة المختلفة.

تختلف القيمة الغذائية أيضاً وفقاً للموسم والظروف الزراعية والحزمة التقنية المعتمدة (تجانس التربة، والأمطار، والتسميد، وما شابه ذلك). وفقاً للو هوريرو (1996أ)، تكون الألواح التي يتراوح عمرها من سنة إلى ثلاث سنوات ذات نسبة مرتفعة من الماء خلال الشتاء والربيع (85 - 90 في المائة)، وأقل في الصيف (75 - 85 في المائة)، وكلّما كان اللوح أصغر، كان محتواه من الماء أعلى. يمكن أن تحل الألواح بوصفها علفاً مشكلة إرواء الماشية، ولكن ينبغي إيلاء الاهتمام لمحتوى المادة الجافة المنخفض الخاص بها في ما يتعلق بتركيب النظام الغذائي. من أجل التعويض عن محتوى المادة الجافة المنخفض، تستهلك الحيوانات المجترة كميات كبيرة من الألواح، ما قد يؤدي إلى الإسهال. لذلك يوصى بمزجها مع أعلاف ليفية، وكذلك المكملات المناسبة، وخاصة تلك الغنية بالنتروجين.

مقارنة بالأعلاف التقليديّة، لدى ألواح الصبّار محتوى مرتفع من الرماد (ساوير وآخرون، 2001). بناء على النوع والصنف المزروع، يتراوح محتوى الرماد من 100 إلى 250 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة، ولكنه يتجاوز عادة 200 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة. إن الكالسيوم (Ca) – يليه البوتاسيوم (K) – هو المعدن الأكثر وفرة في الألواح، ولكن يتم حل مشكلة توافر الكالسيوم (Ca) إلى النبيت المجهري في المعدة الأولى للحيوان المجتر والحيوان المضيف بواسطة محتوى الأوكسالات المرتفع ونسبة الكالسيوم (Ca) إلى الفوسفور (P) المرتفعة للغاية. ألواح الصبّار المزروع في شمال البرازيل 'جيجانتي'، وصبّار القرمز Nopalea cv. 'ميودا' والصبّار. 'Opuntia cv IPA-20' تحتوي على 120-145 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة من الرماد، و29-42 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة من الكالسيوم (Ca) و3-4 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة من الفوسفور(P) (باتيستا وآخرون، 2003ب). إن البيانات حول المعادن النادرة؛ مع ذلك، يبدو أن تركيزات الحديد والنحاس والمنجنيز تقع ضمن النطاق الموصى به للأنظمة الغذائية الخاصة بالحيوانات المجترة (عبيدي وآخرون، آ 2009ب).

من الموثق جيدا أن الألواح ذات نسبة متدنية من البروتين الخام (CP). في ظل الظروف التونسيّة، تحتوي ألواح صبّار O. ficus-indica f. inermis على ما يتراوح بين 30-50 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة من البروتين الخام. يكون معظم إجمالي النتروجين (TN) في شكل قابل للذوبان (865 غرام لكل كيلو غرام، بن سالم وآخرون، 2002أ). كلّما كانت الألواح أكبر سنّا، كان محتواها من البروتين الخام منخفضاً. بناء على ذلك، فإن مكملات النتروجين في الأنظمة الغذائية التي تحتوي على الصبّار هي إلزامية لضمان نشاط ميكروبي طبيعي في المعدة الأولى للحيوان المجتر وتحسين أداء الماشية. تقترح المراجع مجموعة من الخيارات لحل مشكلة محتوى النتروجين (N) المنخفض في ألواح الصبّار:

• إن إدراج مكملات نتروجينية (مسحوق فول صويا، واليوريا، وورق رغل دائري الشكل (Atriplex nummularia) وما شابه ذلك) في أنظمة غذائية تحتوي على الصبّار هو الخيار المعتمد الأكثر انتشارا ولوحظت استجابات مشجعة في الأغنام. وردت الأمثلة في الجدول رقم (4).

• زاد توفير الأسمدة الكيميائية (الأمونيت والسوبر فوسفات) من محتوى البروتين الخام في الألواح من 45 إلى 105 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة (غونزاليس، 1989).

• زاد الاستيلاد بنجاح من محتوى البروتين في الألواح (فيلكر وآخرون، 2006). أظهرت ألواح المستنسخ المختار من الصبّار الأملس (clone TAMUK accession 1270) التي أفاد بها بيتر فيلكر محتوى من البروتين الخام أعلى (100 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة من الطبيعي (30 - 50 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة).

• يوصى بالتخمير الصلب كخيار بديل لإغناء الألواح بالبروتين (أروجو وآخرون، 2005)، على الرغم من أن هذه التقنية لا تزال في المرحلة الاختبارية من البحث. يلزم إجراء تحليل التكلفة والعائد من أجل تحسين اعتماد هذه التقنية من جانب المزارعين.

تتميز ألواح الصبّار بنسبة مرتفعة من كل من الكربوهيدرات (600 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة تقريباً)، والنشاء (75 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة تقريبا) والبيتا كاروتين (6.5 ملي غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة تقريبا) (أيادي وآخرون، 2009). وفقا لعبيدي وآخرون (2009أ)، تكون نسبة الهلام النباتي مرتفعة في ألواح الصبّار الأملس (6 - 12 غرام لكل كيلو غرام من المادة الطازجة)، وكذلك الصبّار (6 - 14 غرام لكل كيلو غرام من المادة الطازجة). مقارنة بالشتاء، يزداد تركيز الهلام النباتي على نحو مضاعف على الأقل في الصيف ويخفض اللعاب في الحيوانات المجترة، وهو ما يؤدي بالتالي إلى تفادي الانخفاض السريع في مستوى الحموضة لدى الحيوان المجتر. أكد بن سالم وآخرون هذه الظاهرة (1996)، والذي أفاد بقيم مستوى حموضة لدى الحيوان المجتر تتراوح بين 6.3 - 6.8 في الأغنام التي تتغذى على وجبات غذائية قائمة على القش مكملة بمستويات متزايدة من ألواح الصبّار الملساء. تتناسب هذه الأرقام مع مستوى الحموضة الأمثل (6.5 - 7) الموصى به للنمو والنشاط الطبيعيين للنبيت المجهري في الحيوان المجتر. تتسبب الأعلاف الغنية بالكربوهيدرات القابلة للذوبان الأخرى، مثل دبس السكر، في زيادة الحموضة لدى الحيوان المجتر، لأنها ذات نسبة هلام نباتي منخفضة أو أنها خالية منه. لكونه نباتا عصاريا، فإن ألواح الصبّار ذات نسبة منخفضة من الألياف. بصفة عامة، تتراوح ألياف المنظف المتعادل لجدار الخلايا بين 180 و300 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة، على الرغم من أن ألواح صبّار Opuntia imbricate تحتوي على 400 غرام لكل كيلو غرام من ألياف المنظف المتعادل. يكون السللوز الليجنيني (ألياف المنظف الحمضي – ADF، 120 - 200 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) والليغنين (ليغنين منظف حمض كبريتي –ADL، 40 - 15 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) منخفضا أيضاً. وتزداد الكاروتينات والحمضية القابلة للمعايرة والكربوهيدرات خلال النمو، في حين ينخفض البروتين والألياف. من الجدير بالملاحظة أن الألواح هي ذات حمض ماليك مرتفع ويتذبذب محتوى هذا الحمض نتيجة للإيقاع

اليومي القائم على أيض حامض المخلدات. أجرى العديد من المؤلفين (ليلى وآخرون، 2004؛ محمد وآخرون، 2004؛ نيوبولد وآخرون، 2005) دراسات مخبرية وميدانية لإظهار أن حمض الماليك يقلل من انبعاثات الميثان. بناء على ذلك، من المتوقع أن يؤدي دمج الصبّار في تغذية الماشية إلى الحد من إنتاج الميثان، ما يساهم في انخفاض انبعاثات الغازات الدفيئة. لكن تحتاج هذه النظرية إلى إثبات.

العوامل المضادة للتغذية

كما هو الحال مع العديد من النباتات، تحتوي ألواح الصبّار على مواد كيميائية نباتية ليس لها تأثيرات ضارة واضحة على الماشية. حدد نيجيس وآخرون (2009) محتوى بعض العوامل المضادة للتغذية في ألواح الصبّار الأملس الناضجة والصغيرة (O. ficus-indica) والذي ينمو في إثيوبيا، وأفاد عن إجمالي محتوى من التانين بين 21 و42 غرام من حمض التانيك المعادل لكل كيلو غرام من المادة الجافة، على التوالي. مع ذلك، تم الإبلاغ عن محتوى منخفض للغاية من هذه التانينات (غرام واحد من حمض تانيك معادل لكل كيلو غرام من المادة الجافة) في أنواع الصبّار نفسها، ولكن التي تنمو في تونس من جانب بن سالم وآخرون (2002أ). تفاوت إجمالي محتوى الأوكسالات بين 60 و120 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة. أفاد عبيدي وآخرون (2009ب) بأنّ ألواح الصبّار الشّوكي ذات نسبة أعلى من الأوكسالات (110 - 118 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) من الصبّار الأملس (102 - 105 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) الذي ينمو في المنطقة القاحلة من تونس. من الأمور الجيدة أن هذه الأوكسالات غير قابلة للذوبان، حيث إنه ليس لها أي تأثير سام. مع ذلك، من المعروف أن الأوكسالات غير القابلة للذوبان تؤدي إلى نشوء جزيئات مركبة من الكالسيوم (Ca) والمغنيسيوم (Mg) ما يجعلها غير متوافرة من أجل النبيت المجهري في المعدة الأولى للحيوان المجتر والحيوان المضيف. وفقا لبن سالم وآخرين (2002أ) وعبيدي وآخرين (2009ب)، تكون ألواح الصبّار الشوكي والأملس ذات نسبة منخفضة من الصابونينات (بين إثنان وخمس غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة، وإجمالي الفينولات (10 - 34 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة)، وإجمالي التانينات (غرام واحد لكل كيلو غرام من المادة الجافة) والتانينات المكثفة (أكثر من غرام واحد لكل كيلو غرام من المادة الجافة). لم يذكر المؤلفون أي مركب ثانوي آخر في ألواح الصبّار له تأثيرات سلبية محتملة على القيمة الغذائية وأداء الحيوانات وصحتها.

التخمير

تُستخدم تقنيات متنوعة في المختبر لتقييم إمكانية تخمير ألواح مختلف الأنواع والأصناف المزروعة من الصبّار.

وقد تم اعتماد تقنية إنتاج الغاز التي طورها كل من مينك وستينغاس (1988) واستخدام المحاقن الزجاجية المعايرة قياسياً على نطاق واسع في مختبرات البحث في العقد الأخير. يؤدي هضم المواد العضوية إلى إنتاج الأحماض الدهنية المتطايرة (VFA) والأمونيا والغازات المختلفة، وبشكل أساسي ثاني أكسيد الكربون والميثان. وبناء على ذلك، تستند هذه التقنية إلى الفرضية التالية: كلما تم إنتاج المزيد من الغاز في النظام في المختبر، كانت المُنخمرة قابلة للهضم في المعدة الأولى الحيوان المجتر. وقد وُضعت المعادلات لتوقع قابلية الهضم ومحتويات الطاقة لمجموعة كبيرة من الأعلاف. قاس باتيستا وآخرون (2003أ) إنتاج الغاز لثلاثة أصناف مزروعة من الصبّار الأملس الذي ينمو في شمال البرازيل ('جيجانتي'، و'ميودا' و'IPA-20'). فقد أفادوا عن كميات كبيرة من إنتاج الغاز من التخمير لمدة 24 ساعة لهذه الأصناف الثلاث: كان 'جيجانتي' هو الأعلى (210 مل لكل غرام من المادة الجافة (يليه 'ميودا' (202 مل لكل غرام من المادة الجافة) و'IPA-20'

)195 مل لكل غرام من المادة الجافة. في جنوب تونس، تم تسجيل قيم أعلى من إنتاج الغاز المحتمل من جانب عبيدي وآخرين (2009ب) لألواح الصبّار الأملس (O. ficus-indica f. inermis) والصبّار (Opuntia amyclaea) التي يتم قطافها في الشتاء (13 و140 مل لكل غرام من المادة العضوية) وفي الصيف (140 و145 مل لكل غرام من المادة العضوية). إن ارتفاع إنتاج الغاز في الساعات الأولى من التحضين هو سمة من سمات الأعلاف الغنية بالكربوهيدرات القابلة للذوبان، بما في ذلك الصبّار.

استخدم عبيدي وآخرون مخمرات مزرعة مستمرة ذات تدفق مفرد لمقارنة سمات التخمير للأنظمة الغذائية التجريبية المكونة من ألواح صبّار أملس أو شوكي (17 غراما) وورق رغل دائري الشكل (12 غراما) وقش قمح (24 غراما). أظهر كلا النظامين الغذائيين (الصبّار الأملس / الشوكي) نسبة حموضة وإجمالي أحماض دهنية متطايرة (VFA) وإجمالي تدفق نتروجين وبكتيريا متدفقة وبكتيريا مرتبطة سائلة وصلبة متماثلة معزولة عن محتويات قارورة المخمر. ومع ذلك، أظهر النظام الغذائي الذي يحتوي على الصبّار الشوكي نسبة أسيتات إلى بروبيونات أعلى (المقدار 0.016 = P) وتدفق أمونيا أقل (المقدار 0.007 =P).

تم اعتماد تقنية إنتاج الغاز من قبل نيجيس وآخرين (2009) لتحديد متغيرات التخمير وتقدير محتوى الطاقة الممثلة لبعض مصادر العلف غير التقليدية، بما في ذلك الألواح الناضجة والسيقان الورقية الصغيرة للصبّار الأملس الذي ينمو في إثيوبيا. إن محتوى الطاقة الممثلة الأمثل هو 10- 13.6 ميجا جول لكل كيلو غرام من المادة الجافة، ولكن الألواح الناضجة والألواح الصغيرة أظهرت طاقة ممثلة تعادل 7.5 و8.5 ميجا جول لكل كيلو غرام من المادة الجافة، على التوالي، ولم تعد مصادر جيدة للطاقة.

الاستيعاب

تتوافر معلومات كثيرة حول استجابة الأنواع المختلفة من الحيوانات للأنظمة الغذائية التي تحتوي على الصبّار. تقيم تجارب التغذية عادة ألواح الصبّار الأملس كمصدر بديل لعلف أبقار الألبان النامية والحيوانات المجترة الأخرى. يقدم الجدول رقم (4) المعلومات التي جرى إنتاجها بواسطة عدد من الدراسات. كلما تم استهلاك صبّار طازج بشكل أكثر، قلت كمية الماء التي يشربها الحيوان. إنّ الانخفاض في استهلاك ماء الشرب من قبل الأصناف

الجدول رقم (4) الامتصاص، وقابلية الهضم في الجسم الحي، ومعدل نمو أنواع الحيوانات المختلفة التي تتناول وجبات غذائية تحتوي على الصبّار.

الدولة	الحيوان	الفترة (الأيام)	تركيب النظام الغذائي (غرام من المادة الجافة في اليوم)	استيعاب الماء (ليتر في اليوم)	استيعاب TDM (غرام من الوزن الأيضي)[ج]	OMD[ج] (%)	CPD[ج] (%)	NDFD[ج] (%)	وزن الجسم الأولي[ج] (كجم)	معدل النمو (غرام في اليوم)	المرجع[ط]
إثيوبيا[أ]	حمل	97	508 قش الطيف + 58 NSC	1.02	65.0	46	48	50	17.0	23	أ1
	حمل	97	273 قش الطيف + 58 NSC + 246 صبّار	0.42	62.6	54	41	48	17.0	53	أ1
إثيوبيا	حمل	97	685 كلأ مرعى	1.22	70.0	59	57	49	20.0	11	أ2
	حمل	90	404 كلأ مرعى + 503 صبّار	0.02	97.0	58	54	37	19.5	28	أ2
	حمل	90	218 كلأ مرعى +608 صبّار	0.01	77.0	61	49	30	19.0	0.0	أ2
تونس[ب]	حمل	70	435 قش شعير + 178 شعير + 157 SBM	3.05	72.1	69	73	68	19.5	108	ب1
	حمل	70	262 قش شعير + 157 SBM +577 صبّار	1.30	85.2	71	71	69	19.5	119	ب1
تونس	حمل	84	715 قش شوفان + 300 ركازة	3.88	65.0	64	59	59	32.5	46	ب2
	حمل	84	544 قش شوفان + 295 صبّار + 67 ركازة	2.47	68.9	65	59	66	32.5	39	ب2
	جدي	84	454 قش شوفان + 300 ركازة	3.20	74.9	65	63	59	19.3	46	ب2
	جدي	84	488 قش شوفان + 346 صبّار+6 7 ركازة	1.38	94.5	67	64	59	19.3	24	ب2
البرازيل[ب]	حمل	35	400 تبن تيفتون + 280 ذرة مطحونة + 176 SBM + 114	4.90	96.5	73	74	57	26.6	255	ج1
			نخالة قمح + 15 ملح + 15 حجر الكلس								
	حمل	35	400 تبن تيفتون + 280 صبّار + 176 SBM + 114 نخالة قمح+ 15 ملح + 15 حجر الكلس	2.30	102.1	83	87	77	27.9	231	ج1
البرازيل[ج]	ظبي	21	250 كلأ النجيل +600 صبّار	0.04	84.4	74	77	48	13.7		ج2
	ظبي	21	125 كلأ نجيل + 600 صبّار + 125 SBH	0.06	79.1	75	78	51	31.7		ج2
	ظبي	21	0 كلأ نجيل + 600 صبّار+250 SBH	0.03	66.5	78	80	59	31.7		ج2
البرازيل[د]	بقرة صغيرة		395 قصب سكر + 93 ذرة+ 479 WB		103.6		70	45			ج3
	بقرة صغيرة		390 قصب سكر + 92 ذرة + 314 WB + 163صبّار		107.4		76	47			ج3
	بقرة صغيرة		385 قصب سكر +91 ذرة +156 WB +320 صبّار		111.8		77	40			ج3
	عجول		381 قصب سكر + 92 ذرة + 0 WB + 469 صبّار		103.4		80	37			ج3
الهند[هـ]	خروف	45	752 كلأ سبط + 191 ركازة		73.9		49	46	29.8		د
	خروف	45	547 كلأ السبط +243 صبّار		61.2		31	45	31.7		د
	خروف	45	672 كلأ السبط+ 237 صبّار+ 48 GNC		74.4		54	45	31.8		د
جنوب أفريقيا[و]	كبش مخصي	63	660 برسيم مطحون+ 300 وجبة ذرة صفراء+40 وجبة دبس سكر		90.6	73			33.9	118	هـ
	كبش مخصي	63	410 برسيم مطحون + 240 صبّار مجفف+300 وجبة ذرة صفراء + 40 وجبة دبس سكر + 10 يوريا		89.2	76			33.9	116	هـ
	كبش مخصي	63	285 برسيم مطحون +360 صبّار مجفف +300 وجبة ذرة صفراء + 40 وجبة دبس سكر + 15 يوريا		88.3	78			33.9	96	هـ
تونس[و]	حمل	60	482 صبّار + 190 قش	0.38	72.6	58	59	49	19.9	8	و
	حمل	60	503 صبّار + 258 قش معالج باليوريا	0.42	78.7	64	66	63	19.9	20	و
	حمل	60	513 صبّار+ 198 قش + 121 سرمق	0.44	85.0	65	72	65	19.9	31	و
	حمل	60	362 قش + 393 ركازة	1.89	74.4	72	70	66	19.9	40	و

[أ] NSC: كسب بذرة الغيزويتا الحبشية.

[ب] SBM: مسحوق فول الصويا.

[ج] SBH: قشور فول الصويا.

[د] WB: نخالة قمح. تم اقتباس قيم استيعاب المادة الجافة (غرام لكل كيلو غرام من الوزن الأيضي (W0.75)) من البيانات التي تم الإبلاغ عنها في المقال المناظر.

[هـ] GNC: كسب الفول السوداني.

[و] تم اقتباس قيم استيعاب المادة الجافة (غرام لكل كيلو غرام من الوزن الأيضي (W0.75)) من البيانات التي تم الإبلاغ عنها في المقال المناظر.

[ز] الرغل دائري الشكل. تم اقتباس قيم استيعاب المادة الجافة (غرام لكل كيلو غرام من الوزن الأيضي (W0.75)) من البيانات التي تم الإبلاغ عنها في المقال المناظر.

[ج] TDM: إجمالي المادة الجافة. OMD: قابلية هضم المادة العضوية. CPD: قابلية هضم البروتين الخام. NDFD: قابلية هضم إجمالي ألياف (NDF).

[ط] أ1: جيبريماريام وآخرون (2006). أ2: تيجين وآخرون (2007). ب 1: بن سالم وآخرون (2004). ب 2: عبيدي وآخرون (2009). ج 1: كوستا وآخرون (2012). ج 1: سوزا وآخرون 2009.

[ج] 3: مونتيرو وآخرون (2014). د: ميسرا وآخرون (2006). هـ: إينكامبر وآخرون (2009). و: بن سالم وآخرون (2002ب).

المختلفة من الأغنام وأنواع الحيوانات الأخرى (ظباء، وجداء وعجول) هو 98-40 في المائة ، بناء على مقدار الصبّار في النظام الغذائي. أبلغ جيبري ماريام وآخرون (2006) عن انخفاض بنسبة 59 في المائة في ماء الشرب في الحملان التي تتناول نظاماً غذائياً مكوّناً من 43 في المائة من الصبّار الطازج. علاوة على ذلك، في دراسة أُجريت في إثيوبيا، توقفت الحملان عن شرب الماء عندما أُتيح الوصول إلى 55 في المائة من نظام غذائي يحتوي على صبّار طازج (تيجين وآخرون، 2007). بناء على ذلك، فإنّ مزارع الصبّار هي خيار واعد للتخفيف من ندرة ماء الشرب في المناطق الجافة وخلال فترات الجفاف.

يُستخدم الصبّار عادة لتكملة العلف ذي الجودة المتدنية، بما في ذلك القش ونمو النبات في المراعي، ويتحسن تأثيره على استيعاب النظام الغذائي عندما يرتبط بمصدر بروتين. كان استيعاب إجمالي المواد الجافة في خروف يتناول كلأ مرعى وصبّار 26 في المائة أعلى من خروف يتغذى على كلأ المرعى فحسب (تيجين وآخرون، 2007). أدى استبدال مصادر الطاقة، مثل حبوب الشعير (عبيدي وآخرون، 2009أ) أو الذرة المطحونة (كوستا وآخرون، 2012) بالصبّار في الأنظمة الغذائية للأغنام إلى زيادة استيعاب إجمالي المواد الجافة بمقدار ستة و25 في المائة، على التوالي. استبدال الشعير في ركازة الصبّار زاد استيعاب إجمالي المواد الجافة بمقدار 26 في المائة في ماعز نامٍ.

قابلية الهضم

تحسن الأعلاف الغنية بالكربوهيدرات القابلة للذوبان مثل الدبس والصبّار من استساغة النظام الغذائي وتحسن التخمير في المعدة الأولى للحيوان المجتر، ما يؤدي عادة إلى زيادة في استيعاب إجمالي المواد الجافة و/ أو قابلية هضم النظام الغذائي. بناء على تركيب النظام الغذائي، تؤدي التغذية بالصبّار إلى زيادة قابلية هضم المادة العضوية أو لا تكون ذات تأثير عليها.

أظهرت الدراسات التي أُجريت في إثيوبيا (جيبريماريام وآخرون، 2006؛ تيجين وآخرون، 2007)، وتونس (بن سالم وآخرون، 2004؛ عبيدي وآخرون، 2009أ) والبرازيل (كوستا وآخرون، 2012) زيادة في قابلية هضم المادة العضوية للنظام الغذائي بمقدار يتراوح من إثنان إلى عشر وحدات بالنسبة المئوية عند الخروف والجدي الذي يتناول الصبّار مقارنة بالأنظمة الغذائية الخالية منه. يمكن أن تكون هذه نتيجة التخمير المحسن للمعدة الأولى للحيوان المجتر. أدى توفير الصبّار للخروف الإثيوبي الذي يتغذى على قش الطيف أو كلأ المراعي إلى انخفاض في قابلية هضم البروتين الخام. يقول جيبريماريام وآخرون (2006) إنه يمكن تفسير قابلية الهضم الظاهرة للبروتين الخام المنخفضة مع زيادة معدل إدراج الصبّار من خلال إجمالي محتوى التانين. في الواقع، لدى التانينات ألفة كبيرة مع البروتينات، ما يجعلها غير متاحة من أجل النبيت المجهري للمعدة الأولى للحيوان المجتر والحيوان المضيف. إن المؤلفين ليسوا على دراية بأية دراسة أخرى تبين أثر تانينات الصبّار على الهضم الاجتراري في الحيوانات المجترة؛ حيث لم يتم التحقيق في أمر التفاعل بين التانينات والبروتينات سواء في الدراسات الميدانية أو في المختبر. في ظل الظروف البرازيلية، لاحظ كوستا وآخرون (2012) زيادة تعادل 13 من الوحدات المئوية في قابلية هضم البروتين الخام للنظام الغذائي للخروف في البرازيل أيضا، أبلغ سوزا وآخرون (2009) عن قيم مرتفعة لقابلية هضم البروتين الخام (77 - 80 في المائة) في الظباء التي تتناول أعشاب نجيل وصبّار وقشور فول الصويا. لاحظ بن سالم وآخرون (2002ب)، وجيبريماريام وآخرون (2006) وميسرا وآخرون (2006) عدم وجود أي تأثير للصبّار على قابلية هضم ألياف المنظف المتعادل في النظام الغذائي. أفاد كوستا وآخرون (2012) عن تأثير إيجابي للصبّار على قابلية هضم ألياف المنظف المتعادل – زيادة تعادل 20 وحدة مئوية في قابلية هضم ألياف المنظف المتعادل مع نظام غذائي يحتوي على الصبّار، مقارنة بالنظام الغذائي الخالي منه الذي يتم إعطاؤه للخرفان. وبإيجاز، فإن إمداد الصبّار ليس له تأثير سلبي على قابلية هضم النظام الغذائي لا بل إنه يمكنه أن يحسنها أيضاً.

الاستخدام

إنّ ألواح الصبّار والثّمار التالفة علف فعال من حيث التكلفة للحيوانات المجترة. إن فوائد استخدام الصبّار كعلف موثقة جيدا (نفزاوي وبن سالم، 2001؛ بن سالم وعبيدي، 2009).

تم تطوير مزارع الصبّار لإنتاج العلف الجاهز (قطافه) أو كعلف (ترعى فيه الماشية أو الحيوانات البرية مباشرة) في صقلية وشمال أفريقيا منذ منتصف القرن التاسع عشر. فلقد رغب المزارعون في تحقيق الاستقرار في مصدر العلف في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، حيث يشكل نقص الأعلاف في الصيف والخريف عاملا شبه دائم يحد من الإنتاج الحيواني (لو هويرو، 2002). لا تزال تُستخدم هذه المزارع بوصفها:

- جزء من الحصة الغذائية اليومية المشتركة؛
- علف تكميلي في الصيف والخريف؛
- مخزون علف احتياطي خلال فترات الجفاف الذي يستمر من سنة إلى ثلاث سنوات.

على عكس محاصيل العلف والعليق الأخرى التي تحتاج إلى التخزين (على سبيل المثال، القش أو العلف المحفوظ)، فإن الصبّار محصول جاهز دائم الخضرة، ويمكن استخدامه على مدار السنة. والطريقة الطبيعية - وربما الأكثر فعالية - لاستخدام الصبّار هي قطع ألواحه والتغذية بها دون أية معالجة. علاوة على ذلك، الصبّار غني بالماء ويلعب دوراً مهماً في البيئات القاحلة بوصفه بديلا لماء الشرب. إن تحويل العلف المحفوظ أو تجفيفه أمر ممكن التنفيذ، ولكنه ينطوي على تكاليف إضافية من حيث المناولة والطاقة واليد العاملة.

تم توضيح الاستخدامات المختلفة أدناه، مع التركيز على الرعي المباشر، والقطع والحمل، والتجفيف، والعلف المحفوظ، وأخيرا، كتل العلف وإمكانات الاستفادة من الثمار متدنية الجودة.

الرعي المباشر

يحدث الرعي المباشر للصبّار القائم بشكل رئيسي في المزارع البدائية التي تضم الصبّار الشوكي والأملس. ويتم ذلك حالياً في عدد صغير من البلدان (على سبيل المثال: المكسيك)، حيث يتم رعي الماشية في تجمعات الصبّار البرّي مباشرة. في إثيوبيا، حيث يكون الصبّار توسعياً أحيانا (على سبيل المثال، في منطقة تيغراي)، يتم أيضا الرعي فيه مباشرة. إن الإبل والماشية قادرة على الرعي بشكل مكثف في الصبّار الشوكي (الشكل رقم 6 والشكل رقم 7). في البساتين المزروعة، لا يوصى بالرعي المباشر لأنه يؤدي عادة إلى ضرر سريع للصبّار القائم. إن الخيار الأكثر فعالية ومنخفض التكلفة هو الرعي باستخدام سور كهربائي متحرك، حيث يجب استهلاك كل الكتلة الحيوية في الصف تماما قبل أن يتاح للمواشي الدخول إلى الصف الجديد؛ وبالتالي يتم تفادي الخطر الأكبر للرعي المباشر (أي الخسارة والهدر بسبب استهلاك الألواح جزئيا فحسب) (لو هويرو، 2002).

يمكن حرق الأشواك في التجمعات البرية مباشرة قبل الرعي، على نحو ما يتم في تكساس. أجرى مالتسبيرجر (1991) تحقيقاً مستفيضاً حول اقتصاديات حرق الأشواك باستخدام غاز البروبان وحول إضافة الألواح المحترقة للماشية. ولقد وجد أنه تطلب استخدام 15 ليتر من البروبان لعدد 14 بقرة في اليوم، وأن ثمان ساعات عمل كانت مطلوبة لتحضير العلف لعدد 200 من الماشية في كل يوم. أظهر بلينيك (1990) أن تكاليف اليد العاملة والوقود لحرق الأشواك انخفضت بشكل ملحوظ عندما كانت المزرعة في صفوف. مع ذلك، لا يزال هناك بعض الهدر حيث تدوس المواشي الأجزاء المحروقة من الصبّار، وبالتالي تُفضل تقنية القطع والحمل.

تقنية القطع والحمل

إن القطع والحمل هي التقنية المستخدمة الأكثر شيوعاً للتغذية بالصبّار. فهي تمنع الهدر والرعي الزائد. يمكن جمع الألواح)الشوكية والملساء(، ونقلها إلى مخزن المزرعة، ومن ثم تقطيعها وخلطها مع الأعلاف الأخرى ووضعها في معالف. يجب حرق الأشواك قبل التقطيع والتّغذية بالصبّار.

تتوفّر أنواع مختلفة من آلات التقطيع في السوق، والتي تتراوح من الآلات الصغيرة البسيطة إلى تلك الأكثر تطوراً. في شمال أفريقيا، يتم تقطيع ألواح الصبّار يدويا بالسكاكين، وتساعد في ذلك العائلة بأكملها، وخاصة النساء والأطفال (الشكل رقم 8). في تونس وأثيوبيا، يتم محلياً صناعة آلات تقطيع قابلة للنقل منخفضة التكلفة (الشكل رقم 9 والشكل رقم 10) ويتم استخدامها يدويا. ويتم استخدام آلات تقطيع أكثر تطورا ذات محركات في البرازيل والمكسيك (الشكل رقم 11). وإضافة إلى الحد من الخسارة، تكون شرائح الصبّار أكثر ملاءمة لدمجها في أنظمة غذائية مختلطة.

التجفيف

في ظل ظروف معينة، يتم تقطيع ألواح الصبّار إلى شرائح صغيرة ومن ثم تجفيفها في الهواء، على سبيل المثال، عندما تكون مدة القطف قصيرة (تقليم مزارع الثمار) أو عندما يكون الهدف هو إنتاج علف تجاري أو خلط الألواح بمكونات أخرى. في جميع الحالات، يوصى بالتجفيف في الشمس لتفادي استخدام الوقود باهظ الثمن الذي من شأنه أن يزيد من تكاليف الإنتاج. وبعد تجفيفه، يتم طحن الصبّار لإنتاج وجبة مع تجنب وجبة ناعمة للغاية للحد الذي يجعلها تعبر بشكل سريع للغاية في الأمعاء. وفي بعض الأحيان، يتم تجفيف الألواح لخفض محتواها المائي المرتفع (85 - 90 في المائة)، على أساس أن استهلاك الصبّار الطازج يؤدي إلى براز رطب للغاية. ومع ذلك، تنفي النتائج التي وجدها دي وال وآخرون هذا الافتراض: إنها تظهر أنه، حتى عندما يتم تغذية الحيوانات بالصبّار المجفف، يبقى البراز رطبا نتيجة لوجود الهلام النباتي.

يُمارس تجفيف الصبّار بشكل رئيسي في البرازيل وجنوب أفريقيا. تؤكد دراسات عديدة (زيمان، 2005؛ إينكاميرر، 2008؛ مينيزيس، 2008) على أنه يمكن لألواح صبّار Opuntia المجففة في الشمس والمطحونة بخشونة أن تعوض كمية كبيرة من البرسيم الحجازي في النظام الغذائي للخرفان الصغار. حقق دي وال وآخرون (2013أ) في الإمكانية التجارية لألواح الصبّار O. ficus-indica المجففة في الشمس للأنظمة الغذائية لتسمين الخرفان المخصية من نوع دوربر (الجدول رقم 5). لقد أظهروا عدم وجود اختلافات كبيرة في خصائص الذبيحة، ووجدوا أن جودة الذبيحة لم تتأثر بإدراج ألواح الصبّار O. ficus-indica المجفّفة في الشّمس والمطحونة بخشونة في الأنظمة الغذائية أو بنوع مصدر النتروجين. من ناحية أخرى، يبين الفرق في متوسط الاستفادة اليومية بين الأنظمة الغذائية القائمة على الصبّار أهمية مصدر النتروجين عالي الجودة عند الخرفان. تشير هذه النتائج إلى وجود آفاق جيدة لتسويق ألواح الصبّار المجففة في الشمس في الأنظمة الغذائية المتوازنة من أجل الحيوانات المجترة.

تمت دراسة شكلين من أشكال معالجة الصبّار هما: القطع بالسكينة (KC) وتقطيع العلف بالآلة، وكذلك دراسة استراتيجيتين مختلفتين للتغذية هما: التركيز المنفصل وإالحصة الغذائية المختلطة من قبل دا سيلفا وآخرين (2010). فقد راقبوا أسلوب تغذية الأبقار الحلوب، وتوصلوا إلى أنه يوصى بمعالجة الصبّار في آلة العلف لزيادة استيعاب المادة الجافة إلى الحد الأقصى وتفادي التغيرات في تركيب اللبن. يوصى باستراتيجية تغذية الحصة الغذائية المختلطة للحد من الانتقائية لدى الأبقار التي يمكنها أن تؤدي إلى عدم التوازن بين الغذاء المقدم والمستخدم.

حفظ العلف عن طريق التحميض

في ظل ظروف معينة، قد يكون من الضروري صنع العلف من ألواح الصبّار : عندما يكون الإنتاج يتركز في فترة زمنية قصيرة (التقليم) أو عندما يصعب تخزين المنتجات الرطبة لمدة طويلة والتي يجب تثمينها. ومن أجل

الشكل رقم (6)
جمل يرعى في الصبّار الشائك في إثيوبيا.

الشكل رقم (7)
ماشية ترعي في الصبّار، «مزرعة لثيران المصارعة» في ولاية سان لويس بوتوسي، المكسيك (مصدر الصورة: علي نفزاوي).

الشكل رقم (8)
القطع اليدوي لألواح الصبّار الأملس في تونس (مصدر الصورة: علي نفزاوي)

الشكل رقم (9)
مفرمة الصبّار مدارة باليد في تونس

الشكل رقم (10)
مفرمة صبّار إثيوبي مدارة باليد (مصدر الصورة: علي نفزاوي)

الشكل رقم (11)
آلات معالجة الصبّار في البرازيل

جودة عالية للعلف، نحتاج لتخمير حمضي اللبني الذي يتطلب مستوى من الرطوبة (30 - 40 في المائة) والسكر في بيئة لا هوائية كاملة. تحتوي ألواح التين على كمية كافية من الكربوهيدرات لعملية تخمير جيدة لكن ارتفاع المياه فيها يتطلب خلطها بعناية مه مواد أخرى (مثل الحشائش أو النخالة).

أجرى عبيدي وآخرون (2013) تجربة في تونس حيث تطورت صناعة الزيتون بشكل جيد. لقد اختبروا إمكانية تخزين العلف لخليط من السيقان الورقية المقطوعة (350 كيلو غرام) وجفت الزيتون (منتج ثانوي لمعاصر زيت الزيتون، 400 كيلو غرام) ونخالة القمح (250 كيلو غرام). تم تخزين الخليط لمدة 75 يوما ثم توزيعه مع مكمل مركز (75 في المائة من حبوب الشعيرو25 في المائة من مسحوق الفول الصويا) للخرفان. تمت المقارنة بين ثلاثة أنظمة غذائية:

- النظام الغذائي رقم 1 (الشاهد: قش الشوفان حسب الرغبة و400 غرام من علف مركز) ؛
- النظام الغذائي 2 (علف محفوظ و400 غرام من علف مركز)؛

• النظام الغذائي 3 (50 في المائة من النظام الغذائي 1 وعلف محفوظ).

تم تعديل كميات العلف الموزع للأنظمة الغذائية لضبط توزيع الطاقة وتوزيع النتروجين. كان العلف المحفوظ الذي تم الحصول عليه ذا جودة جيدة مع مستوى حموضة يعادل 4.5. إن متوسط زيادة الوزن اليومي للخرفان وجودة اللحم كانوا متماثلين أيضا بين الأنظمة الغذائية الثلاثة .

مكعبات العلف

في العديد من البلدان، وتونس على وجه الخصوص، لا يتم قطف كميات كبيرة من ثمار الصبّار بسبب قلة جودتها أو تكاليف العمالة. تجذب الثمار الناضجة بشكل زائد ذبابة الفواكه (Ceratitis capitate)، والتي تسمى أيضا باسم «ذبابة فاكهة البحر الأبيض المتوسط» (تُستخدم الكلمة الإنجليزية «medfly» من أجل الإيجاز)، والتي يمكن أن تسبب ضررا كبيرا في مجموعة واسعة من محاصيل الثمار. بناء على ذلك، يتم تشجيع المزارعين على تجميع هذه الثمار ودمجها في مكعبات علف من أجل الماشية. تم وضع صيغ مختلفة بناء على استبدال دبس السكر بثمار الصبّار. وقد بحث تشيرميتي (1998) في إمكانية أن تصبح ثمرة الصبّار مكوّنا في مكعبات العلف وقيم الكميات المستوعبة طوعا في العجول والنعاج التي تتناول نظاماً غذائياً قائماً على قش بيقية شوفان مكمل بنوعين من مكعبات العلف (واحد يحتوي على ثمار الصبّار، والآخر يحتوي على دبس السكر). ولقد توصل إلى أن الكميات المستوعبة طوعا من قبل كلا نوعي الحيوانات كانت متطابقة لكلا نوعي العلف. خلط بن سالم وآخرون (2003) ثمار الصبّار المعالجة (90 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) بكسب زيتون (367 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) ونخالة قمح (243 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) وكلس حي (154 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) ويوريا (73 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) وملح (73 غرام لكل كيلو غرام من المادة الجافة) لصناعة مكعبات العلف. لقد قاموا بتكملة مكعبات العلف بأوراق البلوط (بلوط قرمزي، نوع من شجيرات التي تحتوي على التانين) لتحسين القيمة الغذائية (إجمالي الاستيعاب والمادة العضوية وقابلية هضم أليف النظام الغذائي والاحتفاظ بالنتروجين) للنظام الغذائي من أجل الماعز. أدى إعطاء كمية قليلة من جليكول البولي إيثيلين في مكعبات العلف إلى تحسينات ملحوظة وكبيرة في المتغيرات المذكورة أعلاه، وذلك كنتيجة لإخماد تانينات البلوط بهذه المادة.

الأداء الحيواني ونوعيّة المنتجات

الكفاءة الإنتاجية

في عدة مقالات، استنتج المؤلفون أنّ تكملة علف منخفض الجودة بالصبّار الطازج يزيد من متوسط النمو اليومي للحيوانات المجترة. تكون الاستجابة إيجابية أكثر عندما يتم توفير مصدر نتروجين (الجدول رقم 5). إن استبدال حوالي 50 في المائة من قش الطيف بالصبّار زاد متوسط النمو اليومي للخروف الإثيوبي من 23 غرام إلى 53 غرام في اليوم. (جيبريماريام وآخرون، 2006). في ظل الظروف التونسية، زاد استبدال حبوب الشعير بالصبّار متوسط النمو اليومي لخروف Barbarine من 108 غرام إلى 119 غرام في اليوم (بن سالم وآخرون، 2004). ينبغي الإشارة إلى أنه في كلتا الدراستين تضاف للنظام الغذائي القائم على الصبّار مكملات بروتينية (ثفل بذرة القطن ومسحوق فول الصويا، على التوالي). يعتبر أي انخفاض طفيف في معدل نمو الخروف الذي يتناول نظاماً غذائياً يحتوي على الصبّار مقبولاً، مع الأخذ في الحسبان تكلفة الإنتاج المنخفضة لمالكي الحيازات الصغيرة

الجدول رقم (6) تركيب الأنظمة الغذائية (T0 وT1 وT2) الذي يتم تغذية حملان مخصية من نوع دوربر صغيرة (مقتبس من دي وال وآخرون، 2013)

مكونات اعلف (كيلو غرام من المادة المجففة في الهواء)	الأنظمة الغذائية[أ]		(غرام لكل كيلو غرام)
	T0	T1	T2
ألواح صبّار (Opuntia) المجففة في الشمس والمطحونة بخشونة	–	330	300
برسيم مطحون بخشونة	577	255	190
وجبة ذرة صفراء	358	340	275
يوريا من صنف علف	10	20	–
وجبة كسب عباد الشمس	–	–	180
وجبة دبس سكر (Enermol)	40	40	40
حامض علف	15	15	15
متوسط الكسب اليومي (ADG) في الوزن (بالغرام)	181أ	125ب	181أ
تكلفة النظام الغذائي لكل رأس في اليوم (N$)	3.71أ	2.73ب	3.26ب

[أ] T0: النظام الغذائي للتسمين التقليدي. T1 وT2: الأنظمة الغذائية القائمة على صبّار (Opuntia) ذات مصادر النتروجين المختلفة (T1- نتروجين غير بروتيني؛ T2 – بروتين طبيعي). إن الأعداد المتوسطة التي يلها الحرف نفسه (أ/ب)، ضمن الصف نفسه، لا تختلف عن (مقدار (P) أعلى من 0.05) في اختبار توكي.

N$ = دولار ناميبي (1 ≈ N$ 0.072 دولار أمريكي).

الشكل رقم (12)
أبقار حلوب في ولاية بيرنامبوكو، البرازيل، تتغذى على الصبّار المعالج المخلوط بالعلف المحفوظ وعلف مركز (مصدر الصورة: دجالما سانتوس)

واعتبار أن الصبّار متوفر على مدار السنة (إينكاميرر وآخرون، 2009؛ كوستا وآخرون، 2012). على الرغم من أن الجمع بين الصبّار ومسحوق الفول الصويا أنتج متوسط نمو يومي في خروف Barbarine ما يعادل 119 غرام في اليوم، فضل بن سالم وآخرون (2014) نظاماً غذائياً مكوناً من مصادر أعلاف متاحة محلياً (أي قش الحبوب والصبّار ورغل دائري الشكل (Atriplex nummularia-) لسببين هما: 1) إنها أقل تكلفة من نظام غذائي يحتوي على حبوب الشعير ومسحوق فول الصويا؛ 2) تحقق الشجيرات فوائد إضافية (على سبيل المثال، تثبيت التربة وإنتاج الثمار).

بإيجاز، يمكن للصبّار أن يحسّن القيمة الغذائية للأنظمة الغذائية ذات الجودة السيئة (على سبيل المثال، الأنظمة الغذائية القائمة على الأعشاب) نتيجة لمحتواه المرتفع من الكربوهيدرات القابلة للذوبان. فهو قد يؤدي أيضا إلى زيادة وزن الحيوانات المجترة والعجول التي تتغذى على بواقي المحصول أو الكلأ سيئ الجودة، شريطة أن يتضمن النظام الغذائي كمية قليلة من مصدر نتروجين.

أُجريت معظم الدراسات حول تأثيرات التّغذية بالصبّار على إنتاج اللبن وجودته في البرازيل. إن للصبّار قيمة مرتفعة في أوقات الجفاف وندرة الماء. يتم تغذية الماشية بالصبّار الشّوكي في شمال المكسيك وجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية (مالتسبيرجر، 1991). فهو مصدر رخيص لعلف الماشية، ويُستخدم غالباً من جانب أصحاب المزارع واللبّانين في هذه المناطق. يتم إدراجه على نحو تقليدي في الأنظمة الغذائية للحيوانات المجترة، والتي يتم حرق أشواكها من نباتات الصبّار القائمة باستخدام لهب مشتعل بغاز البروبان. بما أن الصبّار الأملس قد انتشر على نطاق واسع في العقود الأخيرة، يستخدمه العديد من المزارعين الآن في تغذية الماشية الحلوب. ووفقا للمزارعين في شمال البرازيل، فإن ماشية هولشتاين التي تتغذى على نظام غذائي مختلط يتكون من 60 في المائة من ألواح الصبّار الطازج و20 في المائة من الأعلاف الليفية (تبن أو أعشاب) و20 في المائة من مركز غني بالبروتين ينتج حوالي 20 ليتر في اليوم من اللبن (هشام بن سالم، ملحوظة شخصية). درس أوليفيرا وآخرون (2007) استبدال الصبّار (0 في المائة، و12 في المائة، و25 في المائة، و38 في المائة و51 في المائة) للذرة المكسرة السينودون في غذاء الماشية الحلوب التي يتم تربيتها في شمال البرازيل. بناء على نتائجهم، يمكن للصبّار أن يحل محل الذرة المكسة تماما ويحل محلالسينودون جزئيا (حوالي 40 في المائة) دون أي تأثير ملحوظ على إنتاج اللبن (20.3 - 21.8 كيلوغرام في اليوم).

يظهر العديد من التجارب في شمال البرازيل أنه يمكن أن تحل وجبة من ألواح الصبّار المجففة محل الذرة في تغذية الخرفان (فيراس وآخرون، 2002). تم اختبار أربعة مستويات استبدال من الذرة (0 في المائة، و25 في المائة، و50 في المائة و75 في المائة)، وتظهر النتائج أنه لا يوجد أي تأثير في مستويات الاستبدال على قابلية هضم المادة الجافة أو المادة العضوية أو الألياف. اختبر فيراس وآخرون (2005) أيضا تأثير مستويات الاستبدال (0 في المائة، و33 في المائة، و67 في المائة و100 في المائة) في أداء الخرفان النامية في الخلطات العلفية؛ فقد وجدوا أن كلاً من زيادة وزن الجسم ونسبة العلف- الكسب قد انخفض، في حين ازدادت الكميات المستوعبة من ألياف المنظف المتعادل وألياف المنظف الحمضي خطيا مع استبدال الذرة. لم تتأثر الكميات المستوعبة من المادة الجافة والبروتين الخام والمادة العضوية وإجمالي الكربوهيدرات وناتج الذبيحة باستبدال الذرة بوجبة علف من الصبّار.

جودة المنتج

بأخذ تفضيل المستهلك وصحة الإنسان في الحسبان، تشير بعض المراجع إلى تأثيرات الإمداد بالصبّار على جودة اللحوم. توصل عبيدي وآخرون (2009) إلى أن استبدال الشعير بالصبّار كمكمّلات طاقة في النظام الغذائي للجدي المحلي وخروف Barbarine لم يؤدّ إلى تغيرات كبيرة في تركيبة الأحماض الدهنية داخل العضلات للحم. ومع ذلك، وجد أن حمض الفكسينيك كان أعلى في النظام الغذائي الذي يحتوي على الصبّار. إن لهذا الحمض الدهني – مثل الأحماض الدهنية المقترنة – تأثيرا إيجابيا على نظام القلب والأوعية الدموية. بينما تم استخدام إجماعي علف (قش شوفان) كنظام غذائي أساسي في العمل البحثي الذي أفاد عنه عبيدي وآخرون (2009)، حلل عطي وآخرون (2006) جودة لحوم الجداء التي تتناول الصبّار في أنظمة غذائية مكملة بكمية قليلة من قش الشوفان. أبلغ المؤلفون عن أنّ التغذية بالصبّار أدت إلى زيادة مقادير حمض اللينوليك وحمض اللينولينيك وحمض اللينوليك المقترن. لقد حصلوا أيضا على مقدار أعلى من الأحماض الدهنيّة غير المتشبعة المتعددة ونسبة أحماض دهنيّة غير متشبعة متعددة إلى أحماض دهنية مشبعة أعلى. تؤكّد الدراستان أن الصبّار المتضمن في الأنظمة الغذائية للأغنام والماعز يحسّن جودة اللحوم حسب تفضيل المستهلك: الأحماض الدهنية غير المتشبعة المتعددة أكثر وأحماض دهنية مشبعة أقل.

في ظل ظروف شمال البرازيل، قيم سانتوس وآخرون (2011) العضلة والشحم لذبيحة خروف سانتا إينس الذي يتناول وجبة الصبّار كبديل للذرة المطحونة؛ لم يكن هناك أي تأثير على ناتج الذبيحة بعد السلخ، أو الناتج البيولوجي (نسبة وزن الذبيحة بعد السلخ إلى وزن الجسم الفارغ) أو على مقدار الدّهن المطلوب من أجل ضمان الحفاظ على الذبيحة بشكل كاف.

استنتج أوليفيرا وآخرون (2007) أن التغذية بالصبّار لم تؤثر على إنتاج الألبان في الماشية المنتجة للألبان التي تتناول مستويات متزايدة من الصبّار. مع ذلك، فإنها غيرت تركيب الألبان بشكل ملحوظ، وخاصة نمط الأحماض الدهنية. وفي الواقع، خفض بالإمداد الصبّار نسب أحماض الستياريك والأوليك، ولكن لم يؤثر في الأحماض الدهنية للسلسلة الطويلة الأخرى، مثل حمض اللينوليك (C18:2) وحمض اللينولينيك (C18:3).

الآفاق المستقبلية والاحتياجات البحثية

ظاهرة الاحتباس الحراري والتغير المناخي وتزايد أعداد البشر والماشية تتطلب جميعها استخداماً أكثر كفاءة للأراضي الجافة. يلزم توفير محاصيل معمرة مكيفة ذات إنتاجية أعلى لكل وحدة مساحة لحماية نظم المراعي الطبيعية من التدهور. يناسب الصبّار هذا السيناريو بشكل جيد، بإنتاجية أكبر بمقدار يتراوح بين 60 - 75 مرة من المراعي الطبيعية. ويمكن للزراعة المكثفة للصبّار أن تخفف من الضغط على الموارد الطبيعية للمراعي، ما يحد من تدهورها. في الوقت نفسه، يمكن أن تؤدي زيادة المنتجات الحيوانية، (على سبيل المثال، اللحوم والألبان) التي يتم إنتاجها عن طريق الماشية التي تتغذى على الصبّار، إلى التخفيف من حدة الجوع وزيادة الأمن الغذائي والقدرة على الصمود لدى السكان الذين يعيشون في مناطق قاحلة. هناك العديد من قصص النجاح من بلدان عديدة، وتتوافر التقنيات لمساعدة المناطق الأخرى ذات البيئات المماثلة. يجب أن يدرك واضعو السياسات فوائد الصبّار كعلف وكذلك فوائده البيئية؛ حيث ينبغي أن يضعوا سياسات لزيادة المساحة المزروعة وفقا لذلك. ويلزم القيام بأعمال البحث والتطوير في هذا المجال، ويمكن أن يساعد الدعم المعزز المقدم من المتبرعين وواضعي السياسات ومديري المراكز العلمية على تحقيق زيادة في زراعة الصبّار في المناطق الجافة. من الأمور الأساسية أيضا زيادة التعاون بين فرق البحوث الدولية. إنّ المعلومات المتوافرة حاليا حول إنتاج الأعلاف من الصبّار كافية لتنفيذ نظام ناجح في مناطق مختلفة. هناك حاجة لإجراء المزيد من البحوث لزيادة المعرفة بالتكنولوجيا الحيوية وتفاعلات النوع الجيني × البيئة ونظم التغذية المعتمدة محليا والتي تستخدم الصبّار والمكونات المحلية، ومن أجل تحسين كفاءة استخدامه في نظم الإنتاج الحيواني المختلفة. إنّ اتخاذ الحذر أمر ضروري لتفادي إدخال أنواع سريعة الانتشار. يجب تشجيع استخدام الصبّار الأملس من أجل إنتاج العلف. تمثل الحشرات والأمراض أيضا مشكلة في بعض المناطق؛ فمن الضروري إنتاج وتعزيز أصناف تتحمل الأمراض من أجل معالجة المشكلة. بناء على ذلك، فإن الحفاظ على الموارد الجينية وتعزيز التعاون متعدد الأطراف هو أمر ضروري للتصدي لهذه التحديات.

08

النوباليتوس *Nopalitos* (اللّويحات الخضريّة للصبّار): الإنتاج و الاستخدام

Candelario Mondragon Jacobo (1), Santiago de Jesus Mendez Gallegos (2)

(1)كلية العلوم الطبيعية، جامعة كويريتارو غوريكيلا كويريتارو المستقلة، المكسيك

(2) كلية الدراسات العليا، حرم سان لويس بوتوسي، المكسيك

08 النوباليتوس Nopalitos (اللّويحات الخضريّة للصبّار): الإنتاج والاستخدام

المقدمة

يعدّ أحد التحديّات الكبرى التي تواجهها الدول النامية والدول الأقل نمواً هو كيفية تحقيق الأمن الغذائي دون المساس بالموارد الطبيعية الأساسية، في ظل تهديد مستمر من جانب الاتجاه العالمي نحو زيادة السكان والتغيّر المناخي. يشكّل النمو الديمغرافي كذلك ضغطاً إضافياً على موارد المياه والتربة، مع التنافس على الأراضي الأكثر خصوبة وموارد نظيفة لمياه الشرب، حيث يتم تخصيص هذه الموارد لاحتياجات التنمية الحضرية بدلاً من تخصيصها للإنتاج الزراعي. نتيجة لذلك، تقل الأراضي والمياه المتاحة للإنتاج الزراعي ما يؤدي إلى معضلة وهي: إدخال أراضي المراعي والأحراج والغابات في الزراعة مقابل تقويض التنمية. لذا فالبحث عن محاصيل بديلة وتقنيات زراعية فعّالة هو نهج منطقي بطبيعة الحال.

لطالما كانت المحاصيل المتضمنة على آليات لتوفير مردوديّة للمياه وقدرة النمو في أنواع تربة محدودة وقدرة على تحمل البرودة والحرارة هاجس العلوم الزراعية منذ النصف الثاني من القرن الماضي حيث أصبحت آثار زيادة النمو السكاني وسوء سياسات تخطيط الموارد أكثر وضوحاً. إن الصبّار هو نبات موطنه الأصلي في المرتفعات شبه القاحلة في وسط المكسيك، وبدأ انتشاره في بقية العالم منذ القرن السادس عشر من باب الفضول، ما جعله يحظى باهتمام متزايد من جانب الحكومات والمؤسسات غير الحكومية والأفراد. فهو يطرح بشكل متكرر بوصفه بديلاً جاداً لاستخدام الأراضي شبه القاحلة المتأثرة بالتصحر في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية شبه القاحلة.

يعرف الصبّار في الغالب كمحصول ثمار، وهو يتقدم بخطى بطيئة ليكون في مصاف المحاصيل الرسمية في الإحصائيات العالمية. تشير البيانات التقديرية أن الصبّار حاضر على الصعيد التجاري في أكثر من 20 دولة، حيث يغطي منطقة مزروعة تقدر بحوالي 150 000 هكتار (تقدير شخصي). إن زراعة الصبّار العلفي واستخدامه متجهة إلى أن تحذو الحذو ذاته بسبب التزايد المستمر في استهلاك البروتين من أصل حيواني. علاوة على ذلك، من السهل اعتماد الزراعة من أجل العلف في نظم الإنتاج الحيواني التجارية وأنظمة الإنتاج الرعوي؛ فمن المحتمل أن يحد الصبّار من استنزاف المراعي الطبيعية.

نشأ وتطور استخدام الألواح الرقيقة – المعروفة بين المستهلكين المكسيكيين باسم اللّويحات الخضريّة النوباليتوس *Nopalitos* - كخضار في وسط المكسيك. استهلاك هذه الألواح له جذور عميقة في الثقافة الغذائية للبلد نظراً لسهولة زراعة الصبّار وتمتعه بإنتاجية مرتفعة.

ومن المتوقع أن يتزايد هذا الاتجاه، بسبب التّشجيع عليه من خلال الاستكشافات الحديثة لخواص الألواح (وهو الأمر الذي سيتم مناقشته بعمق في هذا الكتاب). تمثل ألواح *Nopalitos* مثالاً فريداً لحكمة البستنة المكسيكية القديمة. فمن خلال استخدام البنية الخضرية المتجددة بالحصاد المستمر، استغل المزارعون التأثيرات الفيزيولوجية للتقليم، ما أدى إلى توفير خضروات قيّمة على مدار السنة في منطقة تسودها دورة مناخية ثنائية النمط بين مواسم رطبة وجافة.

لم يكن إدخال ألواح *Nopalitos* في باقي البلدان والثقافات بالشيء السهل، بغض النظر عن تأقلم النبات وإنتاجيته العالية في معظم المواقع. وجود الأشواك –حتى الأصناف التي يطلق عليها «ملساء» تظهر فيها الأشواك عندما تكون صغيرة– وغزارة الهلام النباتي وانعدام الخاصية المذاقية الجذابة لألواح *Nopalitos* المطبوخة كلها ساهمت في الحد من الاعتماد على خضار هذه الألواح. توجد بساتين صغيرة من *Nopalitos* في الولايات المتحدة الأمريكية، في كاليفورنيا وتكساس وأريزونا بشكل رئيسي؛ حيث يتم إنتاج كميات محدودة مخصصة لأسواق المزارعين المحليين مستهدفة المستهلكين ذوي الأصول اللاتينية.

يصف هذا الفصل زراعة الصبّار ويقدم أصنافه ونظم الإنتاج –من محصول الحقول المفتوحة وحتى إنتاج المشاتل- بالإضافة إلى تقنيات الطبخ الأساسية.

الاستخدام المبكر والتدجين

في المراحل المبكرة من استخدام الصبّار، كانت الثمار هي العضو الذي يحظى بالاهتمام، ففي الواقع، تم توثيق استهلاك الثمار الناضجة في الروث المتحجر في الكهوف، ما يعني أن الثمار كانت جزءاً من النظام الغذائي للقبائل المكسيكية (هوفمان، 1995). من ناحية أخرى، لا يوجد إثبات على استهلاك الأوراق الرقيقة؛ فبسبب قابليتها للتلف لا يوجد أية بقايا لها في المواقع الأثرية. يمكن التكهن بأنّ سكان أمريكا الوسطى البدائيين كانوا يتبعون مسارات نمو الصبّار، وعندما شحت الثمار، لجأوا إلى استعمال الألواح العصارية الصغيرة كمصدر للمياه ليرووا عطشهم.

على الأرجح، فإنه كان يتم استخدامها كغذاء في أوقات نقص الثمار – وهو الأمر الذي يتكرر باستمرار في المناخ شبه القاحل القاسي الذي يسود وسط المكسيك، ويتفاقم الأمر بسبب نمو الثمار مرة كل سنتين. ربما يكونون قد قاموا بتحميص الألواح لإزالة الأشواك- والتي تعد خطوة أساسية لتيسير استهلاك هذه الألواح.

فيما بعد، جزء مهم من عملية التدجين كان عبارة عن: تحديد وتغذية

وتكاثر النباتات الملساء، وهي سمة متحولة تحد من بقاء النبات في بيئته الطبيعية (كولونغا غارسيا وآخرون، 1986). تتواجد الأشواك والشعيرات في كل الألواح الصغيرة بغض النظر عن النوع والفصيلة، وقد تخلو الألواح الناضجة فحسب من الأشواك، ما يسمح بمعالجتها بشكل أسهل. تخلو جميع أنواع *Nopalitos* الخضرية من الأشواك، وتم الحصول عليها في الأساس من البساتين العائليّة.

أدت المطالب الجديدة للسوق العصري، والذي يعتمد بشكل أقل على الإنتاج المحلي والتواجد الموسمي، إلى الاهتمام المتزايد بالإنتاج غير الموسمي (على مدار العام، بشكل أمثل). بناء على ذلك، توسّعت المساحات المزروعة لتمتد إلى مناطق الشتاء المعتدل أو المناخ شبه الاستوائي، وأشكال متنوعة من المشاتل في الآونة الأخيرة. فقد تطورت - بشكل تدريجي- أنظمة إنتاج مشاتل *Nopalitos* من أنظمة بسيطة إلى أنظمة أكثر تعقيداً، بالنظر إلى أنه كان في الأصل محصولاً ناشئاً مناسباً للمزارعين ذوي الموارد المحدودة والمواقع ذات الإنتاجية القليلة. يوجد ثلاثة أنواع أخرى يتم استخدامها في وسط وشمال المكسيك، وسيتم شرحها لاحقاً في الفصل.

أنواع ألواح *Nopalitos*

على عكس النطاق الواسع المتاح لإنتاج الصبّار، تقتصر الأنواع التجارية للزراعة كخضار على ميلبا ألتا (Milpa Alta) واتليكسكو (Atlixco) وكوبينا (COPENA V1) على النحو الذي تم وصفه أدناه.

'Milpa Alta' Opuntia ficus-indica (L.) Mill .

هو صنف مزروع محلي، وعلى الأرجح أنه نشأ وتدجّن في ولاية هيدالغو في المكسيك (ريس أغيرو وآخرون، 2004). يرجع الاسم التجاري ميلبا ألتا 'Milpa Alta' إلى المنطقة التي تحمل نفس الاسم الواقعة في ضواحي مدينة مكسيكو التي بدأ فيها الإنتاج المكثف لـ *Nopalitos*، وانتشر منها في أنحاء المكسيك ليغطي مساحة تقدر بـ 7 500 هكتار. تحظى ألواحه الخضراء المسطحة الرقيقة سهلة التقشير بتقدير التجار والمستهلكين. فهو يُزرع في حقول مفتوحة أو تحت أغطية بلاستيكية، ويمكن ريه بمياه الأمطار أو بالمياه في المناطق الجافة، ويكون النبات قوياً وقائماً وله ألواح مستطيلة، ويتمتع بإنتاجية مرتفعة، ولكنه حساس تجاه الصقيع، وتكون الثمرة كبيرة ومتوسطة وذات قشرة ولب لونهما أصفر برتقالي، ولكنها ليست عصارية للغاية، وذات بذور متوسطة الحجم. فهي تتأقلم بشكل جيد مع المناخ شبه الاستوائي شبه القاحل ومع السهول شبه الاستوائية (غاليغوس وموندراغون جاكوبو، 2011). يشابه هذا الصنف الأصناف المزروعة الملساء ذات الثمار الصفراء البرتقالية التي توجد في أجزاء أخرى من العالم: إيطاليا والمغرب وتونس وجنوب أفريقيا (الشكل رقم 1).

'Atlixco' O. ficus-indica (L.) Mill

نشأ هذا الصنف في مرتفعات وسط المكسيك، ولكن سمي باسم أتليكسكو 'Atlixco' على اسم المدينة التي بدأت زراعته فيها. في الوقت الحاضر، يُزرع منه ما يقدر بمساحة 800 هكتار، معظمها في الولايات المجاورة لمدينة مكسيكو.

إن هذا النبات قوي قائم ذو ألواح ملساء معينية الشكل، لونها أخضر داكن وذات جودة استثنائية. إن ألواح *Nopalitos* سهلة

الشكل رقم (1)
أصناف (nopalitos) (باتجاه عقارب الساعة: 'ميلبا ألتا'؛ أو 'أتليكسكو' أو 'نيجريتو'؛ 'بلانكو'؛ 'فالتيريلا')

التنظيف، وذات شكل بيضاوي، وهي أكثر سماكة من ألواح 'ميلبا ألتا'. تكون الثمار كبيرة (تصل إلى أكثر من 180 غرام) ذات قشرة برتقالية ولب أصفر؛ حيث تكون جودة الأكل مقبولة، ولكنها أقل من جودة الأصناف المزروعة للثمار. يجري استخدام الألواح الناضجة جيداً كعلف. فهي منتجة للغاية في ظل ظروف الزراعة المكثفة، حيث تصل إلى 400 طن لكل هكتار في السنة من المادة الطازجة (غاليغوس وموندراغون جاكوبو، 2011)، ويتم تكييف هذا النوع جيداً لزراعته في المرتفعات تحت أغطية بلاستيكية (الشّكل رقم 1).

'COPENA V1' O. ficus-indica (L.) Mill.

من حيث المخزون التجاري المتاح لإنتاج الخضروات، يعدّ كوبينا 'Copena V1' هو النوع الجيني الوحيد المحسّن، والذي حصل عليه الدكتور فاكوندو بارينتوس في كلية الدراسات العليا في تشابينغو/ المكسيك. إنّ النبات قوي وسريع النمو وذو نمو قائم عادة؛ إنّ ألواحه بيضاوية الشكل، مقلوبة عكسياً، متوسطة الحجم وملساء. على الرغم من اختياره من أجل إنتاج الخضروات، فإن ثماره جذابة: حيث إنها أرجوانية وكبيرة وحلوة المذاق وذات عصارية متوسطة، ولبّها ذو بذور متوسطة الحجم. وبينما يُعرف أن الباحث قد وزع موادّ نباتية في ولايات متعددة، فإنه لا يوجد سجل دقيق لمساحتها (الشكل رقم 1).

من الأنواع الأخرى الأقل شهرة والمفيدة من أجل إنتاج ألواح *Nopalitos* في المناطق الاستوائية شبه القاحلة:

• فالتيريلا هو نوع مزروع في منطقة صغيرة تحمل الاسم نفسه في وسط المكسيك، وفي المناطق المحيطة بها؛ يتميز بألواح كثيفة الأشواك؛ يُفضل من أجل ألواحه *Nopalitos* من النوع «الطفل» أو «كامبراي» الرقيقة؛ وهو حساس للتلف الناجم عن الصقيع؛ ويؤدي جيدا عندما يتم نقعه في ماء مالح.

• بلانكو (Nopalea cochellinifera) (الشكل رقم 1)، يتم زراعته في فالتيريلا وفي ولاية ميتشواكان وولاية تاماوليباس؛ وهو حساس للتلف الناجم عن الصقيع، ولكن يؤدي أفضل من 'ميلبا ألتا' عند نقعه في ماء مالح – وهي سمة ساعدت بعض الصناعات المنزلية.

يرجى ملاحظة أنه يتم استخدام بعض الأنواع المحلّيّة من روبستا (O. robusta) من أجل إضافة المحلول الملحي في سان لويس بوتوسي (الشكل رقم 1).

• النوع الاملس1308 (Nopalea cochellinifera)، هو نوع اختاره بي فيلكر من المدخلات التي تم تجميعها في المنطقة الاستوائية من ولاية تاماوليباس، المكسيك، وتم استزراعه في الولايات المتحدة الأمريكية، وهو مزروع في المنطقة الساحليّة من ولاية تكساس وتاماوليباس.

الأهميّة الزّراعيّة لمحصول ألواح *Nopalitos*

وصلت زراعة ألواح *Nopalitos* إلى مصاف المحاصيل الرسمية في المكسيك في ثمانينيات القرن الماضي، حيث أفادت الإحصائيات الرسمية بمنطقتي إنتاج رئيسيتين فحسب، هما ميلبا ألتا وتلالنيبانتلا موريلوس، وكلتاهما تقعان بالقرب من مدينة مكسيكو وتغطيان حوالي 000 2 هكتار. لا تزال مدينة مكسيكو والمنطقة الحضرية المحيطة بها أكبر سوق لكل المنتجات الطازجة، بما في ذلك ألواح *Nopalitos*، حيث وصل عدد سكانها إلى 21 مليون شخص تقريباً بحسب التعداد الأخير (المعهد الوطني للإحصاء الجغرافيا ، 2010) (الجدول رقم 1). وبحلول عام 1990، أدى كل من التحضر والتطور الديمغرافي، بالاشتراك مع الأبحاث الجديدة حول الفوائد الصحية لاستهلاك ألواح لـ *Nopalitos* إلى زيادة المساحة المزروعة؛ وبحلول عام 2010، كانت المساحة المزروعة قد توسّعت من 269 5 هكتار إلى 201 12 هكتار. تحتل المنطقة المزروعة حالياً المرتبة الثانية عشرة مقارنة بمحاصيل الخضروات الأخرى: وهو ما يعدّ مؤشرا على أهمية ألواح *Nopalitos* (المعهد الإحصائي لآسيا والمحيط الهادئ، 2015). في الوقت الحاضر، تنتشر مزارع ألواح *Nopalitos* في جميع أنحاء الأجزاء الوسطى والغربية وشمال وسط وشمال شرق البلاد. تُخصص نسبة كبيرة من الإنتاج للسوق الوطنية (90 في المائة) لكن نسبة التصدير إلى الولايات المتحدة الأمريكية آخذة في التزايد على نحو مطرد منذ العقد الماضي، وهو الأمر الذي قام بتسهيله اتفاق التجارة الحرة لأمريكا الشمالية (NAFTA) الثنائي ومعاهدات أخرى مماثلة.

وصل نصيب الفرد من استهلاك ألواح *Nopalitos* في المكسيك في 2013 إلى 6.4 كيلو غرام، مع تركز الطلب في المناطق الوسطى والشمالية الوسطى،

الجدول رقم (1) المساحة المزروعة من نباتات الصبّار في المكسيك واستخدامات المنتجات

المنتج	المساحة المزروعة (بالهكتار)	المساحة المروية	المساحة المروية بماء الأمطار
ثمار	55 254	720	54 534
علف	16 266	42	16 266
خضروات	12 039	4 023	8 835
مخزونات برية*	3 000 000 (1.5 % من الإقليم الوطني)		

المصدر: المعهد الإحصائي لآسيا والمحيط الهادئ (2015) (SIAP) و *سوبيرون وآخرون (2001).

حيث يتوافر المنتج الطازج على مدار السنة. قبل عقد من الزمن، كان استهلاك ألواح *Nopalitos* يبلغ ذروته في عيد الفصح.

اليوم، ومع توافر معلومات أكثر حول خواصها الوظيفية؛ يتزايد الطلب عليها، وقد أصبحت ألواح *Nopalitos* سمة مألوفة في أقسام الخضروات في المتاجر الكبيرة.

على الرغم من تزايد شعبية ألواح *Nopalitos* في المكسيك، لم ينتشر استهلاكها في بلدان أخرى. يوجد نقص في المعلومات حول أنماط التحضير والتأثيرات المفيدة التي ترجع إلى استهلاكها بشكل منتظم، كما أن المنتج المطبوخ يفتقر إلى جاذبية المذاق. إن المستهلكين يزعجهم وجود الأشواك والشعيرات على الألواح وإطلاق الهلام النباتي خلال الطهو. على الرغم من تعزيز استهلاك ألواح *Nopalitos* في شرق وشمال أفريقيا لاستخدام المخزونات الطبيعية، لم يكن هناك تأثير يذكر، وكذلك في الهند والبرازيل.

كما هو الحال مع غيرها من الخضروات، تخضع ألواح *Nopalitos* للوائح صحية، وتوجد معايير محددة للصبّار (.Opuntia spp) و (.Nopalea spp CODEX STAN 185 – 1) للسوق المحلي؛ (NMX-FF-068-SC- Fl-2006 993 للتصدير). تتعلق كلتا مجموعتي المعايير بلون الألواح وعدم وجود تشوهات والأضرار الناجمة عن الآفات والأمراض وعدم وجود ملوثات. بالإضافة إلى ذلك، توجد حملات رسمية تتناول الممارسات الزراعية الجيدة والتي تركز على أهمية تقديم منتج صحي وآمن وخالٍ من الملوثات للمستهلك. ينبغي أن يساعد تطبيق هذه المعايير على تأمين وجود ألواح *Nopalitos* وزيادتها في الأسواق العالمية.

نظم إنتاج ألواح *Nopalitos*

المخزونات البرية

لا يزال تجميع ألواح *Nopalitos* نشاطاً تقليدياً في المناطق شبه القاحلة الوسطى والشمالية من المكسيك، وهي التي تغطي – من الناحية النظرية – ثلاث مليون هكتار (تقدير مبالغ فيه، حيث يتضمن مناطق واسعة تحتوي على عدد قليل من النباتات. تتوافر ألواح *Nopalitos* عادة في نهاية الشتاء أو بداية الربيع، بحسب طول وشدة موسم الصقيع. إن الأنواع الأكثر شيوعاً التي تم جمعها في البرّية هي: (O. streptacantha)، و(O. robusta)، و (O. leucotricha) و (O. xoconoxtle). يباع المنتج عادة في الأسواق المحلية، ويتميز بجودة متفاوتة وحجم صغير، وتوافره غير منتظم. يفقد التجميع جاذبيته ببطء حيث إن كثافة المخزونات البرية تتضاءل، ما يفسح في المجال أمام توسيع المراعي، والتنمية الزراعية والحضرية. كما أن المخزونات البرية معرّضة أيضا للتأثيرات المعقّدة الناجمة عن الكوارث الطبيعية: الصقيع الشديد والجفاف والحرائق الطبيعية، والتي يتسبب فيها التغيّر المناخي على الأرجح. كما أن الإثمار بالتناوب أو النمو الدوري يكون مضراً أيضاً لكميات ألواح *Nopalitos* والثمار التي يتم تجميعها من النباتات البرية.

البساتين العائلية

تعدّ البساتين العائلية منظراً شائعاً في المناطق الريفية شبه القاحلة، وتتميز بتنوع أنواع الصبّار ونطاق استخداماته وهيمنة الأنواع الملساء التي يمكن استخدامها بالكامل، ما يوفر ألواحاً رقيقة وثماراً، وفي بعض الأحيان، ألواحا ناضجة من أجل الحيوانات المنزلية. توجد البساتين العائلية في المقام الأول في المنطقة الشمالية. فهي قد عملت كخزانات جينية وأرض ملائمة لنمو الأنواع المحلية، والتي بدورها تطورت إلى أنواع تجارية تدعم السوق التجاري الحديث للصبّار وألواح . *Nopalitos* (Pimienta Barrios, 1990) .

الإنتاج التقليدي في الحقول المفتوحة

بدأ نظام الإنتاج هذا في ميلبا ألتا – وهي أقدم منطقة نمت فيها ألواح (*nopalitos*) في المكسيك، وهي تقع في ضواحي مدينة مكسيكو – خلال الخمسينيات من القرن الماضي. وامتد هذا النظام إلى الولايات المجاورة: موريلوس وبويبلا وهيدالغو. يعتمد النظام على النباتات الكثيفة (أكثر 1.80 متر)، التي بدأت من الألواح الفردية المزروعة في صفوف متباعدة بمسافة 0.80 - 1.50 متر. تُغرس النباتات الفردية متباعدة عن بعضها بمسافة 50 - 75 سنتيمتراً، ما يؤدي إلى كثافات زراعة تتراوح بين 10 آلاف و40 ألف نبتة في الهكتار (الشكل رقم 2). يوجه نمو الألواح الأساسية أو الأم إلى فرعين أو ثلاثة فروع؛ حيث إنها تملأ الصف تماماً، ولكن يملأ بين الصفوف جزئياً فقط للتمكين من الانتقال بين جميع الصفوف. يمكن أن يبدأ الحصاد بعد شهرين فقط من الغرس، مع جمع الألواح الزائدة بمجرد أن يتم تحديد الفروع الأساسية. وبما أنه عبارة عن نظام إنتاج في حقل مفتوح، فإنه يعتمد بشكل كبير على رطوبة التربة ودرجة حرارة الهواء. إن ألواح *Nopalitos* الرقيقة حساسة جداً للتلف الناجم عن الصقيع، ويمكن حتى للفترات القصيرة أن تتلف إنتاج الألواح، ما يؤثر على الشكل النهائي والإنتاجية ومظهر الألواح. وبناء على ذلك، يتم تحديد موسم الحصاد من خلال وجود أو عدم وجود الصقيع؛ بعبارة أخرى، يتم تحديد طول موسم الحصاد من خلال مدة الفترة الخالية من الصقيع. في مرتفعات المكسيك، تمتد هذه الفترة من منتصف آذار/ مارس إلى أواخر تشرين الأول/ أكتوبر أو تشرين الثاني/ نوفمبر، بناء على المناخ المحلي ا. كما أن استمرار ظهور ألواح رقيقة جديدة هو استجابة للحصاد في الوقت المناسب، نظراً لأن الإزالة المستمرة أو حصاد الألواح الرقيقة يحفز إنبات ألواح جديدة. على العكس من ذلك، إذا كانت ظروف السوق غير ملائمة، فإنّ تأجيل الحصاد يؤخر ظهور البراعم الجديدة.

الأنفاق البلاستيكية الصغيرة

يمثل هذا النظام أقدم محاولة للسيطرة على تأثيرات الصقيع على إنتاج ألواح *Nopalitos*. فلقد اعتمدت لأول مرة خلال الفترة ما بين سبعينيات وثمانينيات القرن المنصرم، ولا تزال تُستخدم في البساتين العائلية الصغيرة في جميع أنحاء البلاد. يكون هناك حوض غرس عريض (120 - 150 سنتيمتر)، به ثلاث أو أربع صفوف من الألواح؛ ويتراوح التباعد

بين الصفوف بين 30 - 40 سنتيمتر، وتكون المسافة بين النباتات 20 - 30 سنتيمتر.

يتفاوت عدد الصفوف وفقاً لعرض النفق. وبتطبيق المعايير المذكورة أعلاه، يمكن لحوض يصل طوله إلى مترين أن يضم بين 18-24 لوحا. تتفاوت كثافة الغرس النهائية وفقاً لعرض الحوض والفصل بين الممرات، والذي بدوره يعتمد على توافر الأيدي العاملة والنقل. في الحيازات الكبيرة، يتم الحصاد والتسميد الطبيعي والعضوي والرش بالجرارات، وبالتالي يعدّ وجود حوض غير نافذ بين إثنان وثلاث من الشتلات المغروسة أمراً ضرورياً. تُبنى الأنفاق البلاستيكية بقضبان فولاذية مقوسة (عيار8/ 3[9.5 مليمتر]) مثبتة بالأرض، مغطاة بطبقة شفافة من البولي إيثيلين (عيار 600 مل) ومقواة بحبل من البولي إيثيلين موضوع قطرياً على النفق ليثبت البلاستيك في مواجهة الرياح. تكون ارتفاع القناطر عادة أقل من مترين، مصممة لتغطي حوضاً مفرداً لألواح *Nopalitos*. تتم التهوئة بطريقة يدوية، ويتم توفيرها من خلال الرفع اليدوي للغطاء البلاستيكي أثناء الساعات الحارة من اليوم.

يوفر هذا النوع من الهياكل الحماية من الصقيع الخفيف (في نطاق درجة مئوية واحدة تحت الصفر)؛ وتكون وظيفته الرئيسية هي الحد من الرياح الباردة وزيادة درجة الحرارة أثناء النهار (الشكل رقم 2).

توجد أشكال عديدة من مخططات الغرس، تختلف في عرض الشتلة ومخطط الألواح وارتفاع الغطاء البلاستيكي. يصف كل من دياز ومايا (2014) نظاماً مفيداً للمناطق الاستوائية:

ينبغي توجيه الشتلات شمالاً - جنوباً للحد من قوة الرياح وزيادة التعرض لضوء الشمس إلى الحد الأقصى، وسوف يكون عرض صفوف الشتلات 1.8 م، طولها 45متراً، من أجل تحسين استخدام اللفافات البلاستيكية، والتي تأتي عادة بطول 100 متر. يمكن بناء النفق باستخدام قضبان فولاذية مموجة ذات معيار 8/ 3 الانش، يتم قصها إلى قطع ذات ارتفاع يبلغ أربع أمتار– وهو ما يكفي لبناء نفق بارتفاع 1.4 متر – وتكون على شكل قناطر ذات قاعدة عرض تبلغ 1.8 متر. يتم إدخال القناطر في قطع من خرطوم بلاستيكي أبيض أو ملون شفاف (تبلغ سماكته 2/1 انش) وذلك لحماية البلاستيك من السفع بالشمس نتيجة للتلامس المباشر مع القضبان المعدنية. يحتاج طرف كل قضيب إلى دفنه بعمق 30 سنتيمتر لتوفير القوة للهيكل، من ثم يتم وضعها متباعدة بمسافة متران عن بعضها. يُوضع الغطاء البلاستيكي في الأعلى ويتم دفن الحافة في الأرض بقوة على الجانب الشرقي. يوصى باستخدام أغطية بلاستيكية يبلغ عرضها أربع أمتار وذات عيار 600 مل، مع حماية من الأشعة فوق البنفسجية، خاصة بالدفيئات. يتم تثبيت الحافة الأخرى بأكياس من الخيش المملوءة بالتربة، بحيث يمكن إزالتها بسهولة لفتح الحافة إذا تجاوزت الحرارة 35 درجة مئوية. يتم دفن وتد خشبي قصير عند كل طرف من النفق بعيدا بمسافة 1.2 متر عن حافة الشتلة؛ وهذا الوتد سوف يثبت سبع جديلات من الحبل المصنوع من البولي إيثلين. ثم سوف يتم تمديدها وربطها حول أعلى كل قنطرة، مع وضعها بالتساوي على الجزء العلوي وكلا الجانبين بطول النفق، لمساعدة البلاستيك على أن يحتفظ بشكل شبه أسطواني.

الدفيئات الزراعية ذات التقنية البسيطة

تشهد المكسيك، مثل العديد من البلدان شبه الاستوائية الأخرى، طفرة في الزراعة المحمية؛ حيث تتوافر المستلزمات المستوردة والوطنية للدفيئات من أجل الإنتاج الخضري. وتؤدي اتجاهات

الشكل رقم (2) نظم إنتاج الألواح (Nopalito) (في اتجاه عقارب الساعة: حقل مفتوح في تلالنيبانتلا، ولاية موريلوس بالمكسيك؛ أنفاق صغيرة؛ دفيئة؛ نفق منخفض الارتفاع)

السوق التي تفضل الإنتاج خارج الموسم والإنتاج على مدار السنة إلى تزايد الطلب على المنتج، ما يعود بالفائدة على المزارعين والمستهلكين على حدٍ سواء. بالنظر إلى استجابة *Nopalitos* الجيدة للري ودرجات الحرارة المرتفعة والأسمدة، فإن الزراعة المحمية هي الاتجاه السائد في كلٍ من مناطق الزراعة التقليدية والجديدة. تم اعتماد العديد من التصاميم بزراعة ألواح *Nopalitos*، مع الاستفادة من بساطة النبات. تكون دفيئات إنتاج ألواح *Nopalitos* بسيطة بشكل عام، فهي توفر القليل من الحماية من الصقيع، ولكنها تحافظ على نطاق درجة حرارة مفيد (10 - 30 درجة مئوية). يجري تخفيف درجات الحرارة المرتفعة من خلال نوافذ تعمل يدويا. بما أن نبات *Nopalitos* قائم ذاتيا، يتم خفض العناصر المعدنية في الهيكل إلى الحد الأدنى: 2 × 2 دعامات موضوعة بتباعد يتراوح من مترين إلى ثلاث أمتار؛ تكون القناطر (مصنوعة عادة من فولاذ مجلفن) ملحومة في الموقع ومثبتة بمزالج عديدة من الفولاذ المجلفن؛ ويجري تثبيت الدعامات في الأرض باستخدام الخرسانة. يتراوح عرض الأنفاق من ستة إلى تسعة أمتار، بناء على وسائل المزارع، وتختلف مخططات الغرس لتحسين المساحة المغطاة (الشكل رقم 2).

الأنفاق الكبيرة

تُصمم هذه الهياكل لتوفير غطاء وحماية من الإشعاع المرتفع والأمطار الغزيرة والتلف الناجم عن البرد والرياح، ما يحسن بالتالي من جودة المنتج.

دخلت هذه الأنفاق إلى المكسيك من أجل المحاصيل عالية القيمة، مثل الشتلات الخضرية والفراولة وتوت العليق والتوت البري والفلفل، ولكن يجري اعتمادها ببطء من أجل زراعة ألواح (nopalitos) في شمال المكسيك، وخاصة في المناطق الاستوائية التي تنخفض فيها مخاطر التعرض للصقيع. النفق الكبير النموذجي يكون بلا جدران؛ فهو يُبنى على اثنان أوثلاث أنابيب فولاذية مثبتة في الأرض، باستخدام قناطر فولاذية ويتم تغطيته ببولي إيثلين يحمي من الأشعة فوق البنفسجية، ويبلغ عرض هذه الأنفاق ما يتراوح بين أربع وخمس أمتار، ويبلغ ارتفاعها ما يتراوح بين اثنان وثلاث أمتار؛ فهي سهلة نسبيا من ناحية بنائها، ومنخفضة التكلفة مقارنة بالدفيئات المعتادة. يتم تصميم مخطط الغرس لتحسين المساحة المحمية المتاحة ويكون مماثلا لنظام الحوض العريض؛ يتم توفير الري من خلال التنقيط (الشكل رقم 3).

ألواح *Nopalitos* المزروعة في الماء

تعتبر الزراعة المائية النظام الأكثر تقدما لزراعة ألواح *Nopalitos*. ويوجد نموذج تجريبي لها في كلية الدراسات العليا بحرم جامعة سان لويس بوتوسي. يستند النظام إلى دفيئة مغطاة بالبلاستيك تعمل بالتبريد العكسي؛ فهي تستخدم الري تحت السطح وتتضمن غطاء أرضيّا على الممرات لضمان الحفاظ على أكبر كمية من المياه والاستخدام الأمثل للأسمدة والمكافحة الملائمة للأعشاب الضارة. يتم زراعة النباتات بكثافة مرتفعة ويتم الحفاظ عليها كثيفة للحد من الازدحام ولتحسين اعتراض الضوء من خلال مظلة *Nopalitos* (الشكل رقم 4).

الشكل رقم (3)
دفيئات ذات تقنية بسيطة من أجل إنتاج ألواح *Nopalitos*، سان لويس دي لا باز، غوانا جواتو.، المكسيك (باتجاه عقارب الساعة: منظر عام؛ سقف؛ أساس؛ جدار)

الممارسات الإنتاجية

تغذية المحصول

تعتبر ألواح *Nopalitos* ، بصفة عامة، محصولا بسيطا، قادرا على الحياة في التربة الفقيرة والمناطق الجافة. هذا كله صحيح؛ ولكن مع ذلك، إذا حصل النبات على تربة ذات جودة جيدة وتسميد وري غزير، فإن إنتاجيته تتحسن بشكل كبير. لقد أفاد كل من منودراغون جاكويو وبيمينتا باريوس (1990) عن الآثار المفيدة للجمع بين السماد العضوي والأسمدة الصناعية للصبّار في ظل الظروف المروية بماء الأمطار. تتحقق استجابات أعلى في ظل ظروف الري بالماء واستخدام مصادر عضوية أخرى مثل سماد الديدان والسماد العضوي المخلوط والسماد العضوي المعرض لأشعة الشمس ومنتجات الجذريات الفطرية.

يمكن التعبير عن إنتاجية ألواح *Nopalitos* أو المستخدم في العلف بالكيلوغرام الواحد من الألواح الطازجة لكل نبتة؛ وذلك بحسب النمط الجيني والبيئة وممارسات إدارة المحصول، بما في ذلك التسميد. لا يعرف إلا القليل حول متطلبات تغذية *Nopalitos* أو التفاعلات التآزرية أو المناهضة بين المغذيات لكل نظم الإنتاج المختلفة.

مع ذلك، يفيد بلانكو ماسياس وآخرون (2006) عن تفاعل إيجابي بين المغنيسيوم (Mg) والكالسيوم (Ca) /المغنيسيوم (Mg) والبوتاسيوم (K)/ البوتاسيوم (K) و الفوسفور (P)، مقارنة بالتفاعل الكبير والمناهض بين الكالسيوم (Ca) والنتروجين (N) /المغنيسيوم (Mg) والنتروجين (N). إنّ نطاقات التركيز الأمثل للمغذيات الخمسة الأساسية للحصول على ناتج مستهدف يبلغ 46.7 كيلو غرام من المادة الطازجة (مع أخذ الألواح فقط في الحسبان) هي: النتروجين (N = 1.29± 0.47) في المائة، الفوسفور (P = 0.35± 0.08) في المائة، البوتاسيوم (K = 4.24 ± 0.88) في المائة، الكالسيوم (Ca = 4.96 ± 1.73) في المائة، المغنيسيوم = (Mg 1.61 ± 0.27 في المائة).

كما تمت الإفادة بمعلومات دقيقة حول تغذية ألواح *Nopalitos* من جانب ماغالانيس كينتانار وآخرين. (2004)، وفالديز سيبيدا وآخرين (2009) وبلانكو ماسياس وآخرين (2010)، وذلك بعد عدة سنوات من التجارب الحقلية. فوفقاً لتقنية منحنى العتبة، تعتمد متطلبات المغذيات على كمية المغذيات المتوافرة في التربة والإنتاج المتوقع وكثافة الغرس.

من أجل الحصول على 95 في المائة من الإنتاج الأمثل (60-56) كيلو غرام من كل نبتة، بافتراض أن كمية المادة الجافة للصبّار حوالي خمسة في المائة، تحتاج النبتة إلى 23.7 غرام من النتروجين (N) و7.06 غرام من الفوسفور (P) و112.5 غرام من البوتاسيوم (K) و95.36 غرام من الكالسيوم (Ca) و41.7 غرام من المغنيسيوم (Mg). من أجل كثافة غرس تعادل عشرة آلاف نبتة في كل هكتار، تحتاج التربة بالتالي إلى توفير 24 كيلو غرام من النتروجين (N) و71 كيلو غرام من الفوسفور (P) و124 1 كيلوغرام من البوتاسيوم

الشكل رقم (4)
إنتاج ألواح Nopalitosتحت الأنفاق الكبيرة (9.6 مترعرض × 4.3 مترارتفاع)؛ ألواح Nopalitos مزروعة في أحواض عريضة (ممر 1.40 مترو1.4 متر)؛ وحدة زراعة مائية من أجل إنتاج ألواح(nopalitos)/ العلف (CP، سان لويس بوتوسي، المكسيك)

(K) و954 كيلوغرام من الكالسيوم (Ca) و417 كيلوغرام من المغنيسيوم (Mg) لكل هكتار، من أجل إنتاجية تقديرية تبلغ 564 طنا في كل هكتار من المادة الطازجة أو 28 طنا في كل هكتار من المادة الجافة. يحذر فالديز سيبيدا وآخرون (2009) من استجابة نباتات *Nopalitos* المرتفعة للتسميد بالنتروجين، واحتمالية التراكم عند مستويات سامة، حيث يمكن أن يتراكم تركيز النترات في الألواح– والتي يحتمل أن تكون خطرة إذا تم استخدامها كعلف أو خضار.

يعدّ إضافة السماد العضوي (الذي يكون في الأغلب طازجا أو متحللا جزئيا) أمرا تقليديا في إنتاج ألواح *Nopalitos*، نظرا إلى أن استجابة نبات *Nopalitos* مرتفعة، وهذا أمر معروف بين المزارعين المكسيكيين – والذي تظهره معدلات مسجلة تبلغ 800 طن لكل هكتار من سماد الأبقار العضوي، وهو ما تم تسجيله في بساتين ألواح *Nopalitos* في ميلبا ألتا (فرناندیز وآخرون، 1990؛ أغويلار، 2007؛ فلوريس، 2013). يوجد ما يبرر تلك المعدلات المرتفعة، عند أخذ التأثير المتبقي الطويل وتحسن خواص التربة في الحسبان؛ مع ذلك، فهي يمكن أيضا أن تؤدي إلى الحرق إذا تم استخدامها خلال الأشهر الأشد حرارة من السنة. توضح التجارب الحقلية التي أجراها زونيجاتارانغو وآخرون (2009) أن 100 طن لكل هكتار من السماد الطبيعي الطازج كانت كافية للحصول على إنتاج مربح من الألواح *Nopalitos*.

يحظى استخدام السماد العضوي بالاهتمام المتزايد، نتيجة لتزايد الاهتمام بالمنتجات العضوية في السوق الحديثة والتزايد المستمر في أسعار الأسمدة الصناعية. تؤكد كل من التجربة المباشرة للمزارعين ونتائج التجارب السابقة على أهمية التسميد والري بمعدلات كافية من أجل الحصول على أنتاج عال (فلوريس، 2013). تعتمد المصادر والمعدلات المستخدمة على التوافر. يعد المصدر الأكثر شيوعا هو السماد العضوي من روث الأبقار الطازج الذي يتم الحصول عليه من مزارع الألبان، ثم السماد العضوي من الماعز والدجاج.

نظرا لارتفاع تكاليف النقل، يوجد اهتمام متزايد بالتسميد العضوي المتحلل. في تقييم إنتاج ألواح *Nopalitos* في ميلبا ألتا، المكسيك، أفاد أغيلار (2007) بأنه جرى الحصول على إنتاج مماثل (60-45 طنا لكل هكتار في السنة) مع 3.3 طن لكل هكتار من السماد العضوي من روث الأبقار الحلوب المخلوط بالديدان بدلاً من 800 طن لكل هكتار من السماد الطازج. في هذه الدراسة، كانت تكلفة السماد العضوي المتحلل هي 22 في المائة من معدل كلفة السماد الطازج. فنظرا للطبيعة المعمرة لنبات *Nopalitos*، يمكن تكرار استخدام السماد العضوي كل سنتين أو ثلاث سنوات بناء على معدل أولي؛ يعتمد سواء لوضع جرعة واحدة أو جرعتين على التكلفة المحلية للعمالة اليدوية.

يرتبط التسميد والري والتقليم بالظهور السريع للبراعم الخضرية الجديدة. تكون الإدارة الدقيقة مهمة من أجل الحد من التلف الناجم عن الصقيع وتحسين استخدام مياه الأمطار، والأهم من ذلك، الاستفادة من نوافذ سوق محددة. يظهر موسم الأمطار في وسط المكسيك بعض التغيرات، ولكنه يتبع بشكل أساسي نمطاً ثنائيّ الشكل، يبدأ في نهاية حزيران/ يونيو، مع انخفاض طفيف في آب/ أغسطس وارتفاع مرة أخرى في أيلول/ سبتمبر. يزداد خطر الصقيع من نهاية تشرين الأول/ أكتوبر حتى آذار/ مارس عندما يكون الطلب على ألواح *Nopalitos* عند ذروته. في ظل هذه الظروف، ينبغي استخدام السماد العضوي والأسمدة في نهاية موسم الأمطار وأوائل الربيع، إذا كان الري متوافرا. في حال الحيازات المروية بماء الأمطار بشكل كامل، يمكن وضع الأسمدة والسماد العضوي قبل نهاية موسم الأمطار. يمكن أن يتسبب الإفراط في التسميد في حرق الألواح والتأكسد السريع لألواح *Nopalitos*.

ري المحصول

الري بالتنقيط طريقة فعالة في بساتين *Nopalitos*. تتضمن فوائد الري بالتنقيط (فاسكيز ألفارادو وآخرون، 2009):

- القدرة على إيصال أسمدة قابلة للذوبان؛
- التوفير في السماد بنسبة تتراوح بين 30 و50 في المائة (مقارنة بالري بالأثلام والري بالرش)؛
- انخفاض منافسة الأعشاب الضارة؛
- تحسين الحفاظ على الماء والتربة.

يقدم أورونا كاستيلو وآخرون (2003) بيانات محددة حول استخدام الماء، بعد دراسة الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي وثلاثة مستويات لرطوبة التربة – 30 و45 و60 في المائة من التبخر اليومي (خزان تبخر من النوع أ) – من أجل أنواع عديدة من صبّار Opuntia. فهي تشير إلى إجمالي إنتاج يعادل 100.4 طن لكل هكتار و18.8 كيلو غرام من ألواح *Nopalitos* لكل متر مكعب من الماء. إن إجمالي استخدام الماء هو 340 5 متر مكعب لكل هكتار، أي أقل من المطلوب لإنتاج الذرة والفاصوليا الجافة والأعلاف (والتي تحتاج إلى ما يتراوح بين 500 5 و 180 ألف متر مكعب). بناء على هذه البيانات، يوصي الباحثون عند زراعة صبّار O. ficus-indica بـ: ري ما يعادل 45 في المائة من التبخر اليومي؛ واستخدام سنوي لما يعادل 161 و60.7 و914 كيلوغرام لكل هكتار من النتروجين (N) والفوسفور (P) والبوتاسيوم (K)، على التوالي.

يقدر فلوريس (2013) – استنادا إلى البيانات التي تم الحصول عليها من البستان المزروع على الخطوط المرتفعة أو الأخاديد، باستخدام نظام الري بالتنقيط–ان استهلاك الماء يصل إلى 391.9 مليمتر في السنة. ينبغي ري النباتات عندما يصل الجهد الهيدروليكي للتربة إلى 35 سنتيبار، وهو ما يرتبط باستهلاك يومي يعادل 1.1 مليمتر، أي 321 2 متر مكعب من الماء لكل هكتار في السنة. تقدر إنتاجية الماء بحوالي 111 كيلو غرام للمتر المكعب في نباتات O. ficus-indica المسمدة بسماد عضوي وثلاث مرات من 17 سمادا صلبا، أي أعلى بشكل ملحوظ من إنتاجية الحقل الشاهد (76 كيلو غرام للمتر المكعب). جدول الري الموصي به هو أربع دورات ريّ عندما يصل مقياس الجهد الهيدروليكي إلى 35، ودورتان عندما يصل إلى 70. تختلف احتياجات الماء أيضا وفقا للموقع: يقدر نوبر (1998) ما يعادل 3.27 ملي متر

في اليوم لكاليفورنيا، في حين سجل فيرو وآخرون (2003) 1.65 ملي متر في اليوم في ميلبا ألتا، المكسيك. أخيرا، ومن أجل تحسين كفاءة الري، من الضروري أخذ توزيع الأمطار في الحسبان وتفادي الري المفرط، باستخدام خط تنقيط واحد لصفين متتاليين.

توجيه النموّ

ينطوي توجيه نمو نبات *Nopalitos* من أجل إنتاج الألواح على تشكيلها حتى تكون ذات شكل مألوف، وتفادي تفرعها نحو الممرات، والحفاظ على ألا يتجاوز ارتفاع النبات 1.8 متر (في نظم إنتاج الأخاديد أو الحواف) أو تحت الطابق الرابع (في حال مزارع الأنفاق الصغيرة). يتخلص توجيه نمو النبات من الألواح الزائدة التي يتم إنتاجها على الطابق الثاني. يُسمح لنباتات ألواح *Nopalitos* عادة بالاحتفاظ بما يتراوح بين إثنان وثلاث فروع رئيسية، يتم تهيئة شكلها لتكون على شكل «آذان أرنب» أو في «مروحة»؛ أما الفروع المتبقية فيتم حصدها أو التخلص منها. في الممارسة العملية، يرتبط توجيه نمو النبات بالحصاد؛ لكن عندما يتوقف الطلب في السوق، تتم برمجة إزالة الألواح الناضجة على أساس الموعد المتوقع لانتعاش السوق.

التخلص من مخلفات التقليم

من الأمثلة الجديرة بالملاحظة لاستخدام مخلفات التقليم هوردم الألواح التي تم تقطيعها طازجة في الحقل الذي نبتت فيه. من أجل هذه العملية، يستخدم مزارعو ألواح *Nopalitos* تقليديا آلات الحش والسكاكين. لكن، تم استيراد آلات متخصصة صغيرة من البرازيل مؤخرا، مصممة في الأصل لتحضير العلف من *Nopalitos*، وتتوافر آلات مماثلة ذات تصميم مكسيكي أيضا. تزيد هذه الممارسة من الرطوبة ومستويات المادة العضوية في التربة، كما تؤدي إلى مكافحة الأعشاب الضارة بشكل مؤقت.

الآفات والأمراض

توجد معظم الآفات الموجودة في بساتين ثمار الصبّار في بساتين *Nopalitos*؛ لكن نشوءها وضررها محدودان نتيجة للتقليم المستمر. تعد الآفة الأكثر خطورة في إنتاج *Nopalitos* هي الحشرة القرمزية، في حين أن أهم آفات حشرات حرشفيات الأجنحة هي الدودة المخططة (Olycella nephelepsa) والدودة البيضاء (Megastes cyclades) وحفار وصلات الأوراق الطافية لل (Metapleura potosi). وعلى نحو مماثل، توجد سوسة الصبّار (Metamasius spinolae) وسوسة ثقوب الرصاص (Gerstaeckeria spp.) وسوسة الفجوات (Cylindrocopturus biradiatus). إن دود الأرض (نوع آكلات الورق Phyllophaga sp.) مهم في بساتين Nopalitos المزروعة في التربة البركانية الخفيفة. من أجل قراءة أوصاف تفصيلية لتلك الآفات، يرجى الرجوع إلى الفصل رقم 11.

جمع ألواح Nopalitos

ينبغي جمع الألواح بعد 30 - 60 يوما من الإنبات، عندما تزن ما يتراوح بين 120-80 غرام ويكون طولها بين 15 - 20 سنتيمتر (فلوريسفالديز، 1995). تظهر ألواح *Nopalitos* الرقيقة أشواكا وشعيرات، ويتم بالتالي استخدام قفازات من مادة اللاتكس وسكاكين خلال التجميع. يتم إزالة الأوراق الرقيقة بعناية بواسطة إدخال السكين بين وصلات الألواح– وهي عملية تتطلب المهارة للحفاظ على المنتج سليما. توضع في سلال أو صناديق بلاستيكية (الشكل رقم 5)، ويتم فرزها وفقا لمعايير السوق: صغيرة أو متوسطة وكبيرة. بناء على وجهة السوق، يمكن أن يعبىء المزارع ألواح *Nopalitos* في بالات أسطوانية أو مستطيلة، ملفوفة في ورق بني أو صفائح من البولي إيثيلين.

الشكل رقم (5)
تغليف قياسي لألواح *Nopalitos* بالبولي إيثيلين بما يتراوح بين 20 - 30 كيلو غرام وتحتوي البالات أسطوانية الشكل التقليدية على 300 كيلو غرام وأكثر أو 500 4 لوح

تقنيات التحضير الأساسية

تنظيف *Nopalitos*

الطريقة المستخدمة الأكثر شيوعا على ألواح *Nopalitos* هي التنظيف اليدوي، باستخدام سكين حاد وقفازات بلاستيكية. كما تم استخدام أدوات أخرى:

السكاكين ذات الشفرة الواحدة، والملاعق المجوفة والمسننة، وأدوات تقشير البطاطس وما شابه ذلك، لكنها لم تلاق النجاح المطلوب. لقد أُقترحت آلة ليزر في أحد المرات، ولكن نتيجة لتكلفتها المرتفعة وكفاءتها المنخفضة، فإنها لم تتخط المرحلة الاختبارية. في الآونة الأخيرة، أدخلت آلة تنظيف قائمة على سكاكين دوارة ومصنوعة من الفولاذ المقاوم للصدأ لتنظيف كميات كبيرة من ألواح Nopalitos في البساتين المحمية، ولقد تم تطويرها من قبل مخترعين مكسيكيين، وتم الترويج لها من قبل العلامة التجارية نوبالي (Nopalli) (http://www.agro- centro.org/#!services/c21r) ويمكن تعديلها لتناسب الأشكال والأحجام المختلفة لألواح *Nopalitos* . يمكن للآلة معالجة أكثر من 40 من الأوراق الطافية في الدقيقة مع نسبة ضياع لا تتجاوز 15 في المائة. تنتج الشركة المصنعة نفسها آلة ثانية مصممة لتقطيع ألواح *Nopalitos* النظيفة إلى شرائح ذات أشكال مختلفة: مكعبات صغيرة أو شرائح شريطية (الشكل رقم 6).

تتطلب الإزالة الكاملة للأشواك والشعيرات بالأيدي المهارة والخبرة ويمكن الاطلاع على عرض توضيحي في فيديو متاح للعامة (https:// www.youtube.com/watch?v=XfekDxpqB-I).

يقدم التنظيف الفوري لألواح *Nopalitos* دليلاً للمستهلك على كونها طازجة. تمت تجربة هذه المبادرة بنجاح في العديد من المتاجر الكبيرة المكسيكية، حيث يتم توفير المنتج الذي تم تنظيفه حديثا على شكل مكعبات صغيرة أو على شكل شرائح وفقا لما يختاره المستهلك.

الحد من وجود الهلام النباتي

إن وجود الهلام النباتي هو سمة مشتركة بين جميع أنواع الصبّار. ينطلق الهلام النباتي نتيجة للقطع، وتعتمد كمية الهلام النباتي المنطلقة على النوع، وكذلك عمر الألواح ومرحلة التجفيف. ينطلق الهلام النباتي أيضا عند الطهو، خصوصاً عند الغليان. مع ذلك، لا يمكن إزالة الهلام النباتي تماما من ألواح *Nopalitos* بغض النظر عن طريقة الطهو المستخدمة. تم تطوير ممارسات متعددة للحد من وجوده أو إخفائه في التحضير النهائي:

• إضافة أوراق الأوريغانو الجافة، أو أوراق الغار، أو سيقان البصل المفرومة، أو قشور الحرنكش، أو حبوب ملح بحري، أو بيكربونات الصوديوم، أو عصير الليمون، أو قشر الذرة، أو فصوص الثوم، بناء على وصفة ألواح *Nopalitos* المستخدمة.

• إيقاف الغليان عبر تغطيس ألواح *Nopalitos* في ماء بارد أو شديد البرودة.

• إضافة بعض العملات النحاسية أو الفضية أثناء الغلي – على الرغم من أن هذه الطريقة بالذات هي الأقل استحسانا نظرا لارتفاع خطر الإصابة بالتلوث.

• السمط (الفرك) مع ملح الطعام والأوريغانو لمدة سبع دقائق (بينسابين وآخرون، 1995).

الشكل رقم (6)
آلات تنظيف ألواح *Nopalitos* وتقطيعها لمكعبات صغيرة، شركة Mad Industrias، منوتيري نويفو ليون، المكسيك

إن طرق الطهو الأكثر حدة لها تأثير سلبي أكبر على كمية الفيتامين والمعادن، ما يقلل من الخواص الوظيفية والآثار المفيدة لاستهلاك ألواح *Nopalitos*. تقلل طريقة الملح مع الأوريغانو (بينسابين وآخرون، 1995) من وجود الهلام النباتي دون التأثير في اللون الأخضر المعتاد لألواح *Nopalitos*.

إن السمط (الفرك) وإضافة المحلول الملحي هي معالجات المعتمدة للكميات الكبيرة من ألواح *Nopalitos* التي تُستخدم في المطاعم المكسيكية وقد أدت إلى ترويجها في فترة التسعينيات من القرن الماضي.

حمضية الألواح

تتميز ألواح *Nopalitos* بحمضيتها، والتي ترجع إلى مسار البناء الضوئي بأيض الحمض العصاري للصبّار والذي يمكن أن يؤثر في قبول المستهلكين الجدد لها. تتفاوت الحمضية بشكل كبير (0.1 - 0.5 في المائة من الحمضية القابلة للمعايرة)، حسب الوقت من اليوم، حيث تقل الحموضة خلال النهار وتزداد في الليل، بغض النظر عن وقت الحصاد (كورااليس غارسيا، 2010). انخفضت حموضة عدة أنواع من ألواح *Nopalitos* أثناء النهار، ارتباطاً بالتعرض للضوء – وهي استجابة معتادة لنباتات الأيض بالحمض العصاري (فلوريس هرنانديز وآخرون، 2004). حتى عندما يتم فصلها عن النبات، تكون الاختلافات ملحوظة، بما أن اللوح يبقى حياً ونشطاً في البناء الضوئي. أبلغ كانتويل وآخرون (1992) عن مستويات حموضة تبلغ 0.94 في المائة في الصباح، والتي تنخفض إلى 0.47 في المائة في فترة بعد الظهر؛ ويوصي بيمنتيل غونزاليس بجمع الألواح بعد ساعتين من شروق الشمس.

وعلى أي حال، عادة ما يكون الحصاد في الصباح المبكر عندما تكون الرطوبة عند أعلى حد لها ويقل تعرض العمال للشعيرات، ما يجعله أفضل وقت للعمل في الحقل.

يبدو أن الحمضية تعتمد على النوع، وفقاً لأغيلا سانشيز وآخرين (2007) والذين درسوا 21 نوعاً من الأصناف المزروعة التي تُستخدم كخضروات: تبلغ الحمضية في 'Jalpa' و'Morado Italiano' حوالي 0.43 في المائة؛ وتبلغ الحمضية في 'Milpa Alta' 0.68 في المائة؛ وتبلغ الحمضية في 'Ore ja deElefante' وهو صنف مزروع للعلف 0.69 في المائة. وكشفت الدراسة نفسها عن أنه يظهر كلٍ من 'Jade' و'Negrito' أكسدة منخفضة، وهي سمة مهمة أخرى للمعالجة الزراعية الصناعية.

يمكن تعديل الحمضية من خلال درجة الحرارة أثناء التخزين. يحافظ التخزين البارد (خمس درجات مئوية) على الحموضة أو يزيدها بشكل طفيف، في حين يخفض الحمضية التخزين في درجة حرارة الغرفة (20 درجة مئوية). تعدل هذه التقلبات نكهة الألواح، ووفقاً لكورااليس غارسيا وآخرين (2004)، فإن وقت المعالجة والاستهلاك أهم من وقت الحصاد.

09

تربية الحشرة القرمزيّة

Liberato Portillo و Ana Lilia Vigueras
قسم علم النبات وعلم الحيوان،
المركز الجامعي للعلوم البيولوجية والزراعية،
جامعة غوادالاخارا، ولاية خاليسكو، المكسيك

المقدمة

الحشرة القرمزيّة (Dactylopius spp) هي مجموعة أمريكية من الحشرات نصفية الأجنحة (Hemipteran) (سبوديك وآخرون، 2014) والتي تنمو على نباتات الصبّار. الحشرة القرمزية مهمة للإنسان للأسباب الأربعة التالية:

1 - تعد الحشرات مصدراً لحمض الكارمينيك، وهو صبغة (الشكل رقم 1) تُستخلص في الغالب من الحشرة القرمزية (Dactylopius coccus)، وتُستخدم في تلوين الطعام ومستحضرات التجميل والأدوية والأقمشة وعدّة منتجات أخرى (كاناماريس وآخرون، 2006؛ تشافيز مورينو وآخرون، 2009).

2 - استخدمت بعض أنواع الحشرة القرمزية من أجل التحكم البيولوجي في مواجهة الصبّار سريع الانتشار (جيتور وآخرون، 1999؛ فولتشانسكي وآخرون، 1999؛ دي فيليس، 2004).

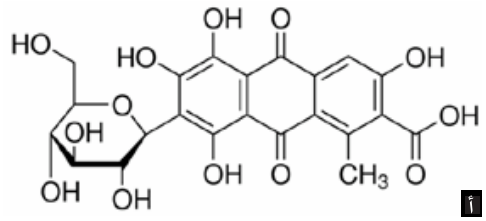
3 - يمكن أن تصبح الحشرة القرمزية (Dactylopius spp.) غازية لأنواع الصبّار عندما تكون غير أصلية المنشأ (فان دام وماي، 2012).

4 - يتم البحث حالياً في الخواص المضادة للتأكسد والمضادة للجراثيم لحمض الكارمينيك، لتحديد استخداماته المحتملة في علم المناعة ومعالجة مياه الصرف والخلايا الشمسية (غونزاليس وآخرون، 2009؛ غارسيا جيل وآخرون، 2007؛ باي و هوه، 2006؛ المصيلحي وآخرون، 2011).

لفترة طويلة، كان الجدل دائراً حول أصل الحشرة القرمزية (D. coccus)، حيث أشار بعض المؤلفين إلى أن منشأها يعود إلى جنوب أمريكا (رودريغيز ونيمير، 2000؛ رودريغيز وآخرون، 2001). وقد تم حالياً تقبّل الرأي القائل إنها نشأت في أمريكا الشمالية حيث توجد طبيعتها البيئية الفطرية. ولقد تطورت مع تطور العوامل غير الحيوية (الجدول رقم 1) والحيوية، وخاصة النباتات العائلة (الجدول رقم 2)، والأعداء الطبيعيين (الجدول رقم 3) (غريفيث، 2004؛ بورتيلو، 2005؛ نوفوا، 2006). واستنادا إلى بيانات الحمض النووي الموجود في الميتاكوندريا (mtDNA) ومحاكاة النمط المناخي (فان دام وآخرون، 2015)، فقد تبين أن أصولها تعود تحديداً إلى المكسيك.

بقيت الحشرة القرمزية واحدة من أهم الصبغات طوال قرون عدة، ولا تزال تُستخدم حتى اليوم (سيرانو وآخرون، 2011، 2013). استُخدمت لأول مرة في ثقافات أمريكا القديمة (دونكين، 1977؛ بينا، 1977)، وعندما وصل الأوروبيون إلى أمريكا، انتشر استخدامها وتربيتها. ففي القرن التاسع عشر، تم صنع أول صبغات اصطناعية، وتدهورت سوق الحشرات القرمزية واختفت تقريبا، أما في وقتنا الحاضر فيتزايد استخدامها كمصدر للصبغات مرة أخرى بفضل فوائدها الصحية، ويتم إعادة تأسيس إنتاج الحشرة القرمزية باستخدام مجموعة من تقنيات التربية في العديد من المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في العالم.

يصف هذا الفصل الطرق المتنوعة لتربية الحشرة القرمزية ويحدد ممارسات إدارة الحصاد وما بعد الحصاد، مع التركيز على كل من



أ

الشكل رقم (1)
أ) حمض الكارمينيك
ب،ج،د) مجموعة متنوعة من النهاب

خصائصها البيولوجية والإيكولوجية في المناطق الأصلية وغير الأصلية.

بيولوجيا الحشرة

إن الحشرة القرمزية (Dactylopius) هي الجنس الوحيد من عائلة الوعفيات Dactylopiidae (نصفية الجناح: القرمزيات). إن الأنواع الأحد عشر جميعها هي طفيليات على نباتات الصبّار (دي لوتو، 1974؛ سبوديك وآخرون، 2014) وتظهر توزيعاً منفصلاً (فان دام وماي، 2012)، فهي توجد فطريا في:

- جنوب أمريكا: D. austrinus De Lotto، وD. confertus De Lotto، وD. zimmermanni De Lotto، وD. salmianus De Lotto، وD. Ceylonicus Green.Z
- شمال أمريكا: (D. bassi Tozzetti)، وD. coccus Costa، و(D. confusus Cockerell)، وD. gracilipilus Van Dam and May و(D. opuntiae (Cockerell وD. tomentosus Lamarck.

يعد النوع الأكثر استخداما للأغراض التجارية – نظرا لمحتواه الصبغي المرتفع (أكثر من20 في المائة) – هو النوع المدجّن D. coccus (الحشرة القرمزية الجيّدة). في العصور القديمة، كانت تُعرف باسم نوشيزتلي (nocheztli)، وهي كلمة ناواتلية تعني «دماء الصبّار»، إشارة إلى الحشرة والصبغة التي تنتجها (رايت، 1963). في عام 1758، أطلق عليها لينيوس اسم قرمزية الصبّار (Coccus cacti)؛ وفي عام 1835، سمّاها كوستا Dactylopius coccus (بينا، 1977).

ازدواج الشكل الجنسي

لدى ذكور الحشرة القرمزية البالغين (Dactylopius) أجنحة؛ وهم أصغر من الإناث وكثيرو الحركة. طول الإناث حوالي 6.24 مليمتر وهي عديمة الأجنحة وثابتة وذات شكل بيضاوي ومغطاة بشمع مسحوق.

يذكر منوتيل (1995) أنه بما أن الذكور يمرون بتحول كامل، فإنه يجب تسمية مراحلهم غير الناضجة باسم يرقات. وحيث إن خصائص ازدواج الشكل لا تظهر في المراحل غير الناضجة الأولى، ويتم استخدام أجسام الإناث للحصول على الصبغة، فمن أجل أغراض التبسيط، يُشار إلى جميع المراحل غير الناضجة بوصفها حوريات.

دورة الحياة

يمر كل من الإناث والذكور بمرحلة البيضة (الشكل رقم 2أ). وبمرحلتين قبل النضوج. تستمر الدورة البيولوجية من البيضة إلى الحشرة البالغة لمدة تتراوح بين 90 - 128 يوماً، بناء على درجة الحرارة وعوامل أخرى (مارين وسيسنيروس، 1977).

- **الحوريّة 1 :** يكون لدى الأنثى في هذه المرحلة غير الناضجة مرحلتين ثانويتين هما: متنقلة وثابتة. تُعرف المرحلة الثانوية الأولى أيضا باسم زاحفة (**الشكل رقم (2ب)** تتميز بالحركة وعدم وجود الشمع الأبيض؛ وفي أقل من 24 ساعة يكون عليها أن تجد مكانا في الصبّار لكي تثبت فمها عليه . بمجرد ثبات الحورية فإنها تنتقل إلى المرحلة الثانوية الثانية، وتفرز خيوط شمع كبيرة حول الجسم (**الشكل رقم (ج)** ؛ وفي غضون أيام، تختفي الخيوط وتفسح مجالا للشمع على شكل مسحوق.
- **الحورية 2** : بعد الانسلاخ الأول (**الشكل رقم 2د**)، تكون هذه المرحلة غير الناضجة (**الشكل رقم 2هـ**) ذات لون أحمر فاتح، وفي خلال ساعات يبدأ الشمع بتغطيتها. لا تظهر في مرحلتي الحورية 1 والحورية 2 أية اختلافات ظاهرية بين الذكور والإناث.
- **الأنثى البالغة :** تخضع الحشرة القرمزية الأنثى لانسلاخ آخر (**الشكل رقم (2و)** ، بالتزامن مع الذكور البالغين من أجل التزاوج. خلال هذه المرحلة، يزداد حجم الأنثى (**الشكل رقم (2ز)**. تنتج كل أنثى عادة 420 بيضة، ولكن حوالي عشرة في المائة من الإناث تكون عقيمة (فارغاس وفلوريس، 1986)، وهو الأمر الذي يخفض إنتاج زواحف جديدة.

الشكل رقم (1)
صورتان من مزارع القرمزيات:

هـ) تحت غطاء

و) في حقل مفتوح

• **الذكر البالغ**. يبدأ ذكر الحشرة القرمزية في تطوير شرنقة (**الشكل رقم (2ح)** ليظهر كذكر بالغ (**الشكل رقم (2ط)**. يظهر الذكر زوجين من الأجنحة، وذيلين، وجزء فم غيروظيفي، وقابلية للانتقال للبحث عن إناث من أجل التزاوج.

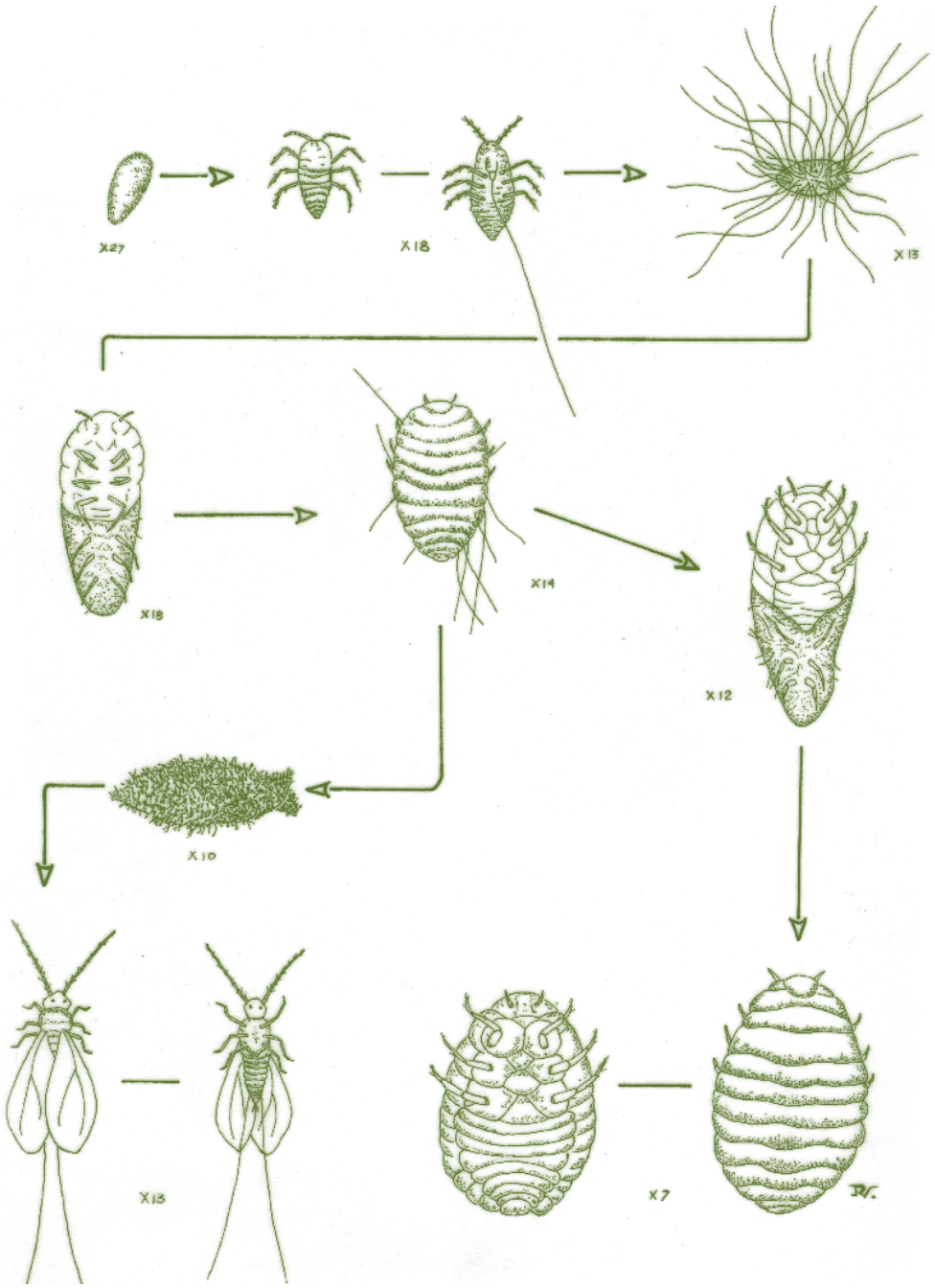
تربية الحشرة القرمزية

العوامل غير الحيوية و الحيوية

إن إنتاج القرمزيات أوتربية الحشرة القرمزية نشاط يمكن تنفيذه في العديد من الأماكن في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، ولكنه مشروط بعوامل غير حيوية وحيوية على حد سواء. وبناء على ذلك، فمن الضروري فهم العوامل التي توجد في منطقة معينة. في موسم الأمطار، يوصى بإجراء انتشار الحشرة القرمزية على الألواح المعزولة تحت الحماية. في الواقع، في جميع أنحاء المكسيك تقريباً، تأخذ مزارع القرمزيات هذا الشكل بسبب:

• عوامل غير حيوية– الظروف غير المؤاتية في الحقل المفتوح (**الجدول رقم 1**) ؛

• عوامل حيوية – الأعداء الطبيعيون بشكل أساسي (**الجدول رقم 3**)، مع مجموعة متنوعة واسعة من الأعداء في المكسيك (**الأشكال رقم 1ب و1ج و1د**).



الشكل رقم (2)
الدورة البيولوجية من بيضة إلى حشرة بالغة

الجدول رقم (1) العوامل غير الحيوية التي تحد من تربية الحشرة القرمزيّة

العامل	التأثير الرئيسي	المصدر
درجة الحرارة	تغيير طول الدورة البيولوجية	منديز، 1992
	تجفيف الحوريات	فلوريس، 1995
الأمطار	القضاء على 100في المائة من تجمع الحشرة القرمزية	فلوريس، 1995
	اختناق الحشرة القرمزية	ألزيت و راميريز، 1777
	إعاقة تثبيت وتطوير الحوريات	فلوريس، 1995
الرياح	التثبيت المحدود للحشرة القرمزيّة	أكوينو، 1992
	زيادة تشتت الحوريات وسحبها	فلوريس، 1995
الضوء	التأثير في حركة الزاحفات	فلوريس، 1995
	إتاحة نمو الحشرة القرمزيّة وتطورها	أكوينو، 1992
البرد	إلقاء الحشرات القرمزية على الأرض	ألزيت و راميريز، 1777
الصقيع	القضاء على أكثر 50في المائة من الحشرات القرمزية	ألزيت و راميريز، 1777

تم الإفادة عن تربية الحشرة القرمزيّة في المكسيك على أنواع متعددة من الصبّار (الجدول رقم 2)؛ حيث تعد أهم الأصناف المزروعة للإنتاج التجاري هي الأنواع الملساء 'أتليكسكو' و'تشيكوموستوك' و'ميلبا ألتا'، والتي تنتمي جميعها إلى الصبّار O. ficus-indica.

الجدول رقم (2) أنواع الصبّار التي تم الإفادة بأنها تستضيف الحشرة القرمزية (Dactylopius coccus) في المكسيك

الأنواع المضيفة	المصدر
Opuntia amyclaea Tenore	فيغراس و بورتيلو، 2014
O. atropes Rose	رودريغيز وبورتيلو، 1989
O. cochenillifera (L.) Salm-Dyck[أ]	بينا، 1981
O. crassa Haworth	فيغراس و بورتيلو، 2014
O. ficus-indica (L.) Miller	بينا، 1981
O. fuliginosa Griffiths	بورتيلو وفيغراس، 2003
O. incarnadilla Griffiths	فيغراس و بورتيلو، 2014
O. jaliscana Bravo	بورتيلو وفيغراس، 2003
O. megacantha Salm-Dyck	بينا، 1981
O. pilifera Weber	بورتيلو وفيغراس، 2003
.O. sarca Griff. ex Scheinv	بورتيلو وفيغراس، 2003
.O. streptacantha Lem	بينا، 1981
O. tomentosa Salm-Dyck	بينا، 1981
O. undulata Griffiths	بورتيلو وفيغراس، 2003

[أ] ينتمي هذا النوع إلى جنس (Nopalea).

الجدول رقم (3) مفترسات القرمزيات (*Dactylopius coccus*) التي سجلها كوستا في المكسيك

النوع	الرتبة والعائلة
Laetilia coccidivora Comstock	(رتبة حرشفيات الأجنحة: فصيلة الناريات)
Eosalpingogaster cochenillivora Guerin-Meneville	رتبة ذوات الجناحين: فصيلة السرفيات
Sympherobius amiculus Fitch	رتبة شبكيات الجناح: فصيلة أسديات الأرق
Hyperaspis trifurcata Schaeffer	رتبة مغمدات الأجنحة: فصيلة الدعسوقيات
Chilocorus cacti Lineo	رتبة مغمدات الأجنحة: فصيلة الدعسوقيات

المصدر: معدلة من فيغراس وبورتيلو (2014).

مزارع الصبّار من أجل تربية الحشرة القرمزية

غالباً ما تستخدم المزارع التجارية للصبّار الأصناف الملساء (Opuntia fi-cus-indica) لتربية الحشرة القرمزية، سواء في الحقول المفتوحة أو المغطاة. تُفضل الأصناف ذات الثمار الصفراء، ولكن يمكن أيضاً استخدام الأصناف البيضاء والحمراء والأرجوانية. متوسط النباتات في المزارع يبلغ 20 ألف نبتة في كل هكتار، ولكن يمكن أن يختلف العدد بحسب جودة التربة (الصرف الجيد للمياه) والارتفاع (300 2 - 800 مترفوق مستوى سطح البحر) ودرجة الحرارة (27-13 درجة مئوية) وتوفّر الماء (سالاس، 2016). تستقبل النباتات حوالي 20 طناً في السنة من السماد العضوي (من الأبقار أو الماعز أو حتى الدجاج)، والتسميد الإضافي حسب الطلب (N100-P50-K10).

طرق تربية الحشرة القرمزية

- توجد طريقتان لإنتاج القرمزيات، وهما: تحت غطاء وفي حقل مفتوح (**الشكلين رقم 1هـ و1و**). يعتمد اختيار طريقة التربية بشكل كبير على الظروف المناخية المحلية. تُصنع عادة الهياكل المحمية لتربية الحشرة القرمزية من الخشب وحواجز تظليل وسعف النخيل والبلاستيك (شفاف أو أسود) ومواد أخرى (سانتيبانيز، 1990؛ منديز، 2013)؛ أما في السنوات الأخيرة، فإنّ الإنتاج الكثيف استخدم دفيئات كبيرة (إسكالانتي، 2013). فيما يلي وصف للطرق الرئيسية:

- **نفق صغير:** تُصنع هياكل (يبلغ ارتفاعها حوالي متروواحد) من بلاستيك بولي إيثيلين خاص بالدفيئة أو قماش داكن اللون (تبلغ سماكته واحد مليمتر) (الشكل رقم 3أ) لحماية النباتات المضيفة للحشرة التي يبلغ عمرها من سنتين إلى ثلاث سنوات أو ألواح مغروسة مفردة يبلغ عمرها سنة واحدة (فيغراس وبورتيلو، 2014). هذه الطريقة مفيدة في المناطق التي تهطل فيها الأمطار الغزيرة أو ذات الشتاء القارس (الحد الأدنى بين صفروعشر درجات مئوية).

- **تابسكو (Tapesco):** ملاجئ لها سقف مصنوع من القصب أو الخشب أو الجذوع أو القماش الداكن أو سعف النخيل أو البلاستيك (رودريغيز وبورتيلو، 1989؛ سانتيبانيز، 1990).يُستخدم هذا النموذج لتعليق ألواح ناضجة مفردة لتربية صغار الحشرة القرمزية أو لزيادة مستعمرة حشرات قرمزية وحمايتها في الوقت ذاته من العوامل غير المرغوب فيها.

- **الإنتاج الكثيف:** تم تنفيذ هذا النظام (المقترح من قبل مؤسسة Campo Carmín) للمرة الأولى في عام 2002. تُبنى الدفيئات باستخدام الوحدات النمطية. فهي تغطي 356 1 متراً مربعاً، وتكون أدنى سعة لها تعادل 432 ألف لوح معلق أملس (إسكالانتي، 2013). تعدّ هذه الطريقة الأكثر انتشاراً حالياً في المكسيك (الشكل رقم 1هـ).

- **الري:** تُزرع الألواح المفردة في ظل أنظمة زراعة مائيّة في البيرو والمكسيك، وهي تستخدم تركيبات من المغذيات الكبيرة والمغذيات الدقيقة لتعزيز نمو النباتات العائلة والحشرات القرمزية (فيغاراس وآخرون، 1993). إن هذه الطريقة شائعة في ساحل البيرو الجنوبي (الشكل رقم 1و)، حيث توجد المزارع عالية الكثافة لإنتاج الحشرة (حوالي تسعة آلاف نبتة أو أكثر في كل هكتار) ذات نظام الري المسمد في حقل مفتوح (فلوريس، 1995).

طرق إدخال الحشرة

بغض النظر عن طريقة تربية الحشرة القرمزية ونوعها، إن إكثار الحشرة ضروري من أجل الحصاد، تتطلب طرق إكثار الحشرة اختياراً دقيقاً. وسواء كان إدخال الحشرة على النباتات بأكملها أو ألواح ناضجة مفردة (لانديرال وكامبوس، 1999)، ينصح بشدة استخدام حاويات مختلفة تسمى «الأعشاش» لحمل الإناث البالغة في فترة وضع البيض. كثيراً ما يتم استخدام طرق جديدة لانتشار الحشرة في المزارع التجارية في الحقل المفتوح لتسهيل االتكاثر وخفض العمالة.

- **الأواكساكان:** يتم حمل أسطوانات مصنوعة من سعف النخيل (بطول عشر سنتيمتر، وقطر إثنان سنتيمتر). تحمل الإناث البالغة في فترة وضع البيض بواسطة الأشواك على النباتات العائلة لمدة 20 يوما أو أكثر من أجل الانتشار. يمكن اعتماد التداول في نقل الحاويات إلى حقول أخرى للحصول على نتائج أفضل. في بوليفيا، يُطبق المبدأ نفسه باستخدام سيقان قصب السكر المجوفة ذات الكثير من الثقوب الصغيرة (توكوبياج، 1993)، وفي البيرو بدأ مؤخراً استخدام قطع الخراطيم البلاستيكية.

البيروفية: يتم إدخال الإناث البالغة في فترة وضع البيض في أكياس صغيرة من القصب الأمريكي (10 × 10 سنتيمتر)، ويتم تعليقها على أشواك النباتات العائلة حتى تتم ملاحظة الانتشار (كويسبي، 1983).

- **ريتشي:** يتم صنع شق صغير مثلث الشكل (الجوانب تعادل 2 × 2 × 2 سنتيمتر، وعمق 0.5 سنتيمتر) في وسط الألواح، التي تجف وتصبح حاضنة للإناث البالغة في مرحلة وضع البيض لتسهيل الانتشار (بورتيلو وآخرون، 1992).

- **اللوح الحامل للحشرة:** توضع الألواح االحاملة للحشرة مع الإناث البالغة في مرحلة وضع البيض في الجزء السفلي أو بين لوحين من النباتات العائلة لتسهيل الانتشار) توكوبياج، 1993).

- **النسيج القطني:** توضع قطع صغيرة من القماش القطني على الإناث البالغة في مرحلة وضع البيض، ما يسمح للزواحف بالصعود عليها؛ ثم يتم إسقاط قطع القماش على النباتات العائلة التي يراد انتشار الحشرات عليها (كويسبي، 1983).

- **الجاذبية:** عندما تبدأ الإناث البالغة فترة وضع البيض على الألواح المعلقة، تتساقط الزاحفات بقوة الجاذبية على الألواح الجديدة المجمّعة في الجزء السفلي التي لم تكن قداأصيبت بعد. هذه الطريقة معتمدة في الدفيئات الجديدة في المكسيك، وتستخدم من أجل الإنتاج الكثيف للحشرات القرمزية (إسكالانتي، 2013). كما يصف غاريكا (1993) نظاماً قائماً على الجاذبية: توضع الإناث البالغة في مرحلة وضع البيض على صينية منخل، ويتم تحريكها أفقيا مرتين يومياً، ما يجعل الزاحفات تتساقط إلى الأسفل لكي يتم احنتشار الحشرات على الألواح في الجزء السفلي.

- **الحاوية الورقية:** وهي الطريقة الأبسط حيث تُستخدم أي قطعة من ورقة مهملة لصنع حاوية صغيرة (طولها ثمانية سنتيمتر) عندما تكون الإناث البالغة في مرحلة وضع البيض بداخلها (تيليز، 1991)؛ ويتم توصيلها بالنباتات العائلة من خلال الأشواك للسماح بالانتشار **(الشكل رقم 3ب)**.

التجميع

التجميع عملية دقيقة تتطلب فصل الحشرات الإناث عن النباتات العائلة عندما تكون على وشك البدء في وضع البيض، مع الحرص على تجنب إصابتها. توجد عدة طرق لتجميع الحشرات القرمزية، بحسب طريقة التربية (في حقل مفتوح أو تحت غطاء) والنبتة العائلة (ملساء أو شائكة).

في حقل مفتوح

في منطقة الأنديز في البيرو وبوليفيا، يتم استخدام العديد من الأدوات المصنوعة من العصي (يتراوح طولها بين 1.50-0.60 متر)، والتي يتم ربط ملاعق، أو فرش، أو شرائط معدنية في طرفها لتجميع الحشرات القرمزية (الشكل رقم 3ج). تُستخدم الملاعق والفرش على النباتات الملساء، وتُستخدم الشرائط المعدنية على النباتات الشوكية. في الساحل الجنوبي للبيرو وفي تشيلي، يتم تجميع الديدان القرمزية من النباتات الملساء باستخدام فرش بدون العصا. في تشيلي وجنوب أفريقيا، تم استخدام الهواء المضغوط لتجميع الحشرات القرمزية من الألواح الشوكية (بروتش وزيمرمان، 1993). في جزر الكناري، يتم تجميع الحشرات القرمزية في تشرين الثاني/ نوفمبر، أي بعد ثلاثة أشهر من الانتشار، باستخدام أداة شبيهة بملعقة كبيرة تسمى باسم "ميلانا" (milana).

خلال التجميع، توضع الحشرات في حقائب مصنوعة من القطن، ويتم توزيعها لاحقا على الخشب أو المعدن أو صواني من الطين، مع الحرص على تجنب الاحتكاك بينها، والذي من شأنه أن يفجر الحشرات الصغيرة.

تحت غطاء

في المكسيك، يتم تجميع الحشرات القرمزية بعد الانتشار بحوالي ثلاثة أشهر؛ ومع ذلك، يمكن التجميع في أي وقت من السنة وباستخدام مجموعة واسعة من الأدوات (القصب والملاعق المعدنية والفرش والعصي والمكشطات البلاستيكية). يعتمد اختيار الأداة الأنسب على عوامل مختلفة: طريقة التربية؛ و المساحة المزروعة؛ وخصائص الصنف المزروع (نباتات ملساء ، أو شوكية أو حتى زغباء). وحيث إن تربية الحشرة القرمزية نشاط حديث فقد تكون هناك حاجة إلى تطوير تقنيات وأدوات جديدة للتجميع (فيغاراس وبورتيلو، 2014).

ما بعد التجميع

تنطوي أنشطة ما بعد التجميع على قتل الحشرة القرمزية (في المكسيك تسمى هذه الخطوة باسم «التضحية») وتجفيفها (سانتيبانيز، 1990)، بالإضافة إلى تصنيف الحشرات والاختيار بينها. توجد طرق عديدة لقتل الحشرة القرمزية:

- الغمر في ماء مغلي (ألزيت و راميريز، 1777)؛
- الخنق بالبخار؛
- التجميد في درجات حرارة أقل من صفر درجة مئوية (تجريبية)؛
- الخنق بالهكزان؛
- الاختناق في حاويات محكمة الإغلاق؛
- التسخين بالهواء الساخن، داخل أفران، أو على دعامات من الطين (تيليز، 1911) أو عن طريق أشعة الشمس (درجات حرارة حوالي 40 درجة مئوية).

من أجل تجفيف الحشرة القرمزية، تُستخدم مجففات شمسيّة ومواقد، ويمكن التجفيف تحت أشعة الشمس المباشر أو في الظل؛ من أجل التجفيف في الظل، يجب أن يكون الموقع جافاً تماماً. تنطوي عملية الفصل بين الحشرات على فصل الذكور والحشرات القرمزية غير الناضجة والانسلاخات والشمع وأي عنصر آخر بخلاف الحشرة القرمزية الأنثى البالغة. تأخذ هذه العملية الحجم في الحسبان أيضاً، حيث كلما كانت الحشرة القرمزية أكبر يعني ذلك صبغة أكثر؛ ومع ذلك، الهدف النهائي هو الحصول على حشرة قرمزية ذات مستوى مرتفع من محتوى حمض الكارمينيك. تتميز الحشرة القرمزية المفضلة حالياً بالخصائص التالية:

- أكثر من 22 في المائة من محتوى حمض الكارمينيك؛
- حجمها أكبر من شبكة المنخل عيار 14 (أكبر من 1.295 سنتيمتر)؛
- تحتوي على أقل من واحد في المائة من الشوائب.

الحشرة القرمزية التي تستوفي هذه المواصفات سوقها مفتوحة؛ لكن، من دون هذه المواصفات، لن يكون هناك طلب فعلي عليها وستنخفض أسعارها. يتأثر سعر الحشرة القرمزية مباشرة بنسبة حمض الكارمينيك (واحد في المائة = دولار أمريكي واحد)، على الرغم من أن السعر قد يتغير بحسب السوق.

إيكولوجيا الحشرة

يكون أي كائن حي في تفاعل متوازن مع العوامل السائدة في بيئته الأصلية؛ مع ذلك، إذا تم نقله إلى بيئة جديدة (منطقة غير منطقته الأصلية)، قد يتم الإخلال بالتوازن. ينجم عن ذلك عواقب جمة، بينها الميل إلى الانتشار السريع. إن المكافحة البيولوجية هي الوسيلة الأكثر شيوعا للحد من تأثيرات هذه الظاهرة، فهي تكافح الأنواع سريعة الانتشار حتى تتأقلم (شاين وآخرون، 2000).

بالنظر إلى فائدتها للإنسان، كثيرا ما يتم نقل أنواع الصبّار والحشرات القرمزية التي تعد ذات أهمية خاصة للإنتاج التجاري، من بيئتها الأصلية في المناطق المدارية الجديدة والقطبية الشمالية الجديدة، وهي تنتشر الآن في مناطق الإقليم المداري الأفريقي والمناطق الأسترالية-الآسيوية والمناطق القطبية الشمالية القديمة والمناطق الشرقية (أندرسون، 2001؛ برافو هوليس، 1978؛ ماجور وآخرون، 2012ب). لقد أدت هذه التحركات إلى ظهور أعشاب جديدة ومشكلات وبائية، مع حشرات قرمزية (D. opuntiae) في مزارع الصبّار (O. ficus-indica) في البرازيل وإسبانيا والبلدان الأخرى في حوض البحر الأبيض المتوسط (بورتيلو، 2009؛ فاسكونسيلوس وآخرون، 2009). يمكن اعتبار أنواع الحشرة القرمزية سريعة الانتشار؛ فلقد تم إعلان حشرة القرمز الدقيقة أو المدجنة (D. coccus) نوعا سريع الانتشار في إثيوبيا (بيلاي، 2015) (الشكل رقم 3د). ومع ذلك، تعتبر هذه الحشرة مفيدة في جميع أنحاء العالم. إن بعض الأنواع من الحشرات القرمزية (Dactylopius) كانت ولا تزال تُستخدم كعوامل مكافحة بيولوجية لأنواع عدة من الصبّار (Opuntia)، والتي تعتبر هي الأخرى غازية (الجدول رقم 4). كما يوجد خطر مستمر في ظهور مشكلات جديدة بين الحشرة القرمزية والأصناف المزروعة من الصبّار (Opuntia).

الشكل رقم (3)
أ) أنفاق صغيرة

ب) طريقة احتشار باستخدام حاوية ورقية

ج) استخدام أدوات مصنوعة من العصي لتجميع الحشرة القرمزية

د) نوع حشرة قرمزية مستبيحة

الجدول رقم (4) أنواع الحشرات القرمزية *(Dactylopius)* المستخدمة لمكافحة أنواع الصبّار المستبيحة

نوع الحشرة القرمزية	نوع الصبّار	الدولة	المصدر
D. austrinus	*O. aurantiaca* Guilles ex Lindley	أستراليا 1970؛ جنوب أفريقيا 1979	موران وكابي (1979)
D. ceylonicus	*O. vulgaris* Miller	سيريلانكا 1863	فولتشانسكي وآخرون (1999)
D. opuntiae	الصبّار *(O. ficus-indica)*	جنوب أفريقيا 1938	موران وزيمرمان (1984أ)
D. opuntiae	*O. stricta* Haworth	أستراليا 1921	هوفمان وآخرون (2002)
D. opuntiae	*O. ficus-indica*	البرازيل 2001[أ]	باتيستا وآخرون (2009)

[أ] في البرازيل، لم يكن إدخال الحشرة القرمزية (D. opuntiae) من أجل المكافحة البيولوجية؛ فهي الآن قد أصبحت نوعاً مستبيحاً يدمّر آلاف الهكتارات من مزارع الصبّار .

تظهر الحشرة القرمزية (D. coccus) تأقلماً وانتقائية لأنواع أو أصناف معيّنة من الصبّار (بورتيلو وآخرون، 1992)، ولقد تم تسجيل سلوك مماثل للحشرة القرمزية (D. opuntiae) (فولتشانسكي وآخرون، 1999؛ جيثور وآخرون، 1999). لقد تمت زراعة أصناف عديدة من الصبّار في العديد من البلدان خارج المكسيك – ومن وجهة نظر بيئية – إن الصبّار غالباً ما يكون عاملاً بيولوجياً غريباً في منطقة غير أصلية. فعلى الرغم من اعتباره غازيا في بعض الأحيان، فهو قد أصبح الآن عنصراً مفيداً، يعرفه ويقدّره السكان المحليون. فهو يُستخدم بطرق عديدة ولقد نشأت علاقة جيدة بين الشعوب وهذه النباتات في العديد من المجتمعات في جميع أنحاء العالم. مع ذلك، فالواقع هو أنه قد تظهر عوامل بيولوجية جديدة ويجب مواجهتها؛ فإن التهديدات المحتملة للصبّار هي الحشرة القرمزية البرّية (D. opuntiae) وعث الصبّار (Cactoblastis cactorum) والتبقع الأسود (Pseudocercospora opuntiae) (الشكل رقم 3هـ). يجب أن تكون الحدود الصحية للنباتات أكثر صرامة للتصدي لعمليات الانتشار الجديدة للحشرة القرمزية البرية (D. opuntiae) التي تحدث باستمرار، وقد كان آخرها في إسرائيل ولبنان والمغرب. إن الحشرة القرمزية البرية هي وباء غادر وعدواني للغاية تجاه الصبّار، كما هو واضح في البرازيل (الشكل رقم 3و). هناك حاجة إلى بذل جهود مستمرة لإدارة حالات اجتياح الحشرات القرمزية (Dactylo-pius) وإيجاد حد لذلك؛ وتحقيقا لهذه الغاية، يجمع الباحثون حاليا المزيد من المعلومات.

الشكل رقم (3)

هـ) التبقع الأسود (Pseudocercospora opuntiae)

و) الحشرة القرمزية البرية

10

أمراض الصبّار

Giovanni Granata(1), Roberto Faedda(1) و Maria Judith Ochoa (2)
(1) قسم الزراعة والغذاء والبيئة، جامعة كاتانيا، إيطاليا
(2) كلية الهندسة الزراعية، جامعة سانتياغو ديل إيستيرو، الأرجنتين

10 أمراض الصبّار

المقدّمة

كما هو الحال في المحاصيل الأخرى، يعاني الصبّار (Opuntia ficus-indica [L.] Mill.) من عدّة أمراض حيويّة وغير حيويّة تتراوح أهميّتها بحسب استخدام المحصول.

يوجد نقص في توفّر معلومات دقيقة حول أسباب وظروف انتشار الأمراض، ولا تغطي المراجع العلمية بشكل كافٍ التوزيع الجغرافي والتأثير الاقتصادي العالمي للعديد من أمراض الصبّار. لكنه من المؤكّد أن معظم الأمراض المعدية تسبّبها الفطريّات، في حين يتم الإبلاغ عن عدد قليل للغاية من البكتيريا والبلازما النباتية والفيروسات كمسببات للمرض.

نظرا للمناخ الجاف في مناطق نمو الصبّار في أنحاء العالم، تصبح هذه الأمراض مشكلة فقط في فترات معينة عندما تكون الظروف ملائمة. مع ذلك، فقد يسهم التوسع في زراعة الصبّار والمزارع الكثيفة والتغير المناخي - في الوقت الحاضر - في زيادة معدل الإصابة بالأمراض وزيادة حدتها، وكذلك احتمال ظهور أمراض جديدة أو غير معتادة. يعد الاكتشاف المبكر للأمراض وتحديدها بشكل صحيح ورصدها الدقيق والمبكّر أمرا أساسيا لمنع انتشارها.

يقدم هذا الفصل وصفاً موجزاً للأمراض الأكثر شيوعاً التي تؤثر في الصبّار وتوصيات لمكافحتها.

الأمراض الفطريّة

التبقع الأسود

العامل المسبب: Pseudocercospora opuntiae Ayala-Escobar, Braun & Crous.

الأنواع العائلة: صبّار Opuntia spp. ، نوباليتوس Nopalea spp.

التوزيع الجغرافي: بوليفيا، البرازيل، المكسيك، البيرو.

الأعراض والعلامات: إن الأعراض الأولى هي تغيّر لون القشرة على هيئة بقعة دائرية؛ وتصبح شفّافة وذات مظهر زيتي، ويزداد حجم المنطقة المركزية البنية، وثم، يظهر نسيج الألواح لوناً بنياً فاتحاً عند حواف البقعة والتي تتغير إلى بني داكن، حيث يظهر تدهور الأنسجة. يتحول لون الأنسجة المتضررة إلى الأسود؛ حيث يمكن رؤية حوامل غبيرات وغبيرات على هيئة نتوءات رمادية صغيرة **(الشكل رقم 1)**. أخيراً، يصيب الضرر الجانب الآخر من الألواح. تصل الإصابات إلى قطر يتراوح بين بين ثلاث وأربع سنتيمترات عند نهاية الإصابة بالعدوى. يمكن أن تظهر أعراض مختلفة بالتّزامن على اللوح نفسه (أوتشوا وآخرون، 2015ب). لقد ارتبطت أعراض مشابهة مع التبقع الفحمي الذي تسببه السبجة Colletotrichum gloeosporioides (Penz & Sacc) مع ذلك، استناداً إلى اختبارات الأمراض، أكد كويزادا ساليناس وآخرون (2006) على أن سبجة (C. gloeosporioides) ليست السبب في مرض التبقّع الأسود في الصبّار.

مكافحة المرض: تجري معاينة مزارع الصبّار بعد موسم الأمطار للكشف عن الألواح والتخلص منها عند أول علامة لأعراض المرض. اعتماد تقليم وقائي للسماح بتهوية جيّدة. ينصح باستخدام مبيدات الفطريات القائمة على النحاس قبل موسم الأمطار

تعفن الألواح والثّمار

العامل المسبب: فطر Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Giff. & Maubl. (teleomorph: Botryosphaeria rhodina Berk. & M.A. Curtis, Arx).

مرادف: Botryodiplodia theobromae (Pat)

الأنواع العائلة: أكثر من 500 عائل، بما في ذلك البشر.

التوزيع الجغرافي: البرازيل، مصر، إيطاليا، المكسيك، جنوب أفريقيا، الولايات المتحدة الأمريكية

الأعراض والعلامات: تظهر مناطق سوداء مستديرة قليلاً (يتراوح قطرها بين 15 - 50 مليمتر) على الألواح والتي تسرّب إفراز صمغ أسود من حافة البقعة. غالباً ما يكون الصمغ ظاهرا على سطح المنطقة المصابة. من المحتمل أنه قد تم تسجيل المرض نفسه باسم تقرّح تصمّغ على الألواح **(الشكل رقم 2)** في نموشة (لينوزا، إيطاليا) وتمت نسبة العامل المسبب إلى Botryosphaeria ribis (المرادف : Dothiorella ribis) (سوما وآخرون، 1973).

مكافحة المرض: تجنب الجروح، وإزالة العينات المريضة وإبادتها. استخدام مبيدات الفطريات (tiabendazole و tiofanat-metil) المثبتة فعاليتها في الحد من حدوث المرض.

التعفن الجاف الناتج

العامل المسبب: فطر النوباء (Alternaria spp.)

الأنواع العائلة: متعدّد الى حدّ كبير .

الشكل رقم (1)

التبقع الأسود (بوليفيا)

الشكل رقم (2)

تقرح التصمغ (جزيرة نموشة (لينوزا)، إيطاليا)

التوزيع الجغرافي: الأرجنتين، إيطاليا، البرازيل، مصر، المكسيك، جنوب أفريقيا

الأعراض والعلامات: كون الأعراض الأولى هي بقع خضراء دائرية حول الأشواك أو الجروح على الألواح والثمار، والتي تصبح لاحقا داكنة ومظهرة علامة التلف (الشكل رقم 3). تكون مواقع التغلغل هي عادة الأشواك، ولكن يمكن أن تكون أيضا الجروح في القشرة ناجمة عن حبّات البرد. في جنوب أفريقيا، تم عزل أنواع مختلفة من Alternaria عن الألواح ذات أعراض العفن الجاف (سوارت وكريل، 2002؛ سوارت وسوارت، 2002؛ عماروآخرون، 2004؛ سوزا وآخرون، 2010). في إيطاليا، تتسبب الفطر Alternaria alternataفي البقعة الذهبية (الشكل رقم 4)، ما يؤدي إلى وجود بقع داكنة في المركزوبقع ذهبية صفراء حول الحواف (غراناتا وسيدوتي، 1997). يُعرف المرض نفسه باسم mancha de oro أوla secamiento de penca في المكسيك (غراناتا وسيدوتي، 1997). يتسبب هذا الفطر أيضاً في تحلل الثماربعد القطف. تكون الأعراض عبارة عن عفن جاف سطحي أسود اللون على القشرة (الشكل رقم 5). بصفة عامة، فإن البقع ذات الحواف غير المنتظمة تكون متمركزة في الجزء المركزي من الثمرة، ويمكن كشط القشرة المتحللة (فايدا وآخرون، 2015ب).

مكافحة المرض: يتم الرش بمبيد فطريات، مثل النحاس والمنكوزب والإيبروديون، من أجل السيطرة الفعالة على المرض، خاصة بعد هطول البرد. يتم تطبيق المعالجة بالماء الساخن من أجل السيطرة الفعالة على المرض بعد القطف.

تعفن الجذور والألواح الناتج عن فطر Armillaria

العامل المسبب: فطر Armillaria mellea (Vahl) P. Kumm.

الأنواع العائلة: متعدّد إلى حدٍ كبير.

التوزيع الجغرافي: إيطاليا، الولايات المتحدة الأمريكية

الأعراض والعلامات: يتسبب فطر أرميلاريا ميلا (Armillaria mellea) في تعفن الجذور والألواح، وهو فطر دعامي يستعمر الأغصان والجذور الرئيسية للنبات وينتج غزل فطري أبيض وأغلفة من الخيوط الفطرية، تسمى باسم التجمعات الشبيهة بالجذور، والتي تنتشر من الأنسجة المصابة وتلوّث النباتات المجاورة. تعاني نباتات الصبّار المصابة من انخفاض في انتفاخ الأنسجة واليرقان الناتج عن تغيّر الماء والتغذية المعدنية. لا تصل الثمار النامية على النباتات المصابة إلى النضج الكامل، وتظل جافة متغصنة على الألواح. يمكن ملاحظة أعراض عفن قاعدة اللوح مع إطلاق إفرازلزج. يمكن إيجاد مراوح غزل فطري أبيض مميزة من الخيوط الفطرية تحت سطح البقع. يكون للجزء المتعفن من اللوح حافة ذات لون أحمرقانٍ تمتد إلى أعلى فوق خط التربة. يمكن للمرض أن يؤثرفي الجذور الرئيسية (رابي وألكون، 1968؛ ماغنانو دي سان ليو وتيررو، 1983).

مكافحة المرض: بما أن الأرميلاريا (Armillaria) تبقى في التربة غالبلا في البقايا من الزراعات السابقة، ما يجعلها تصيب المحاصيل الجديدة بشكل حتمي، يوصى بعدم زراعة تربة مصابة بهذا الفطرلمدة تتراوح بين سنتين وثلاث سنوات وإزالة مصادر اللقاح (جذور المزارع السابقة)، ولا تتوفر مكافحة كيميائية فعالة للمرض حتى الآن.

3

الشكل رقم (3)

العفن الجاف الناتج عن فطر النوباء (تونس)

4

الشكل رقم (4)

البقعة الذهبية (إيطاليا)

5

الشكل رقم (5)

عفن الثمار الناتج عن فطر النوباء. (إيطاليا)

التعفن القطني

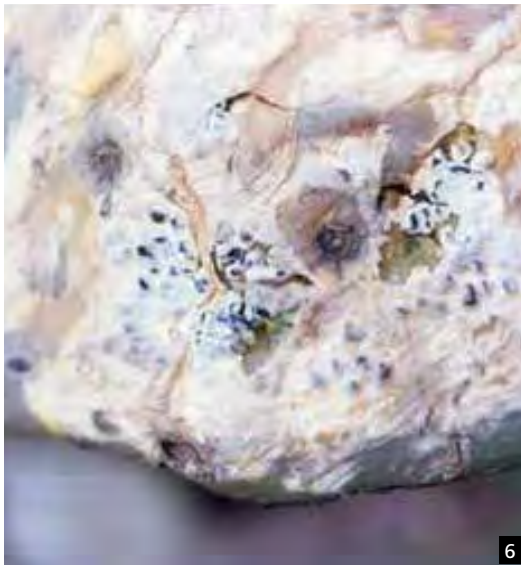
العامل المسبب: فطر Sclerotinia sclerotiorum (Lib) de Bary.

الأنواع العائلة : متعدّد الى حدّ كبير

التوزيع الجغرافي للمرض: تشيلي، المكسيك.

الأعراض والعلامات: يتسبّب الفطر في تعفّن قطني في الألواح (**الشكل رقم 6**). تفقد الألواح المصابة لونها في البداية ومن ثم يحدث تليين طفيف للقشرة، وتتحول في وقت لاحق إلى لون داكن وتتقشر وتصبح مغطاة بصوف أبيض، ويظهر بعد ذلك بقليل العديد من الأصاليب السوداء من الأنسجة المتحللة (جي غاراناتا، اتصال شخصي).

مكافحة المرض: إزالة الألواح المصابة بالعدوى وإبادتها، ويعدّ منع الطور النائم من لمس التربة أمرا ذا أهمية جوهرية حيث يمكن أن تبقى حية فيها لسنوات عديدة.


6

الشكل رقم (6)

العفن القطني (بيرو)

الشكل رقم (7)

العفن النباتي القاعدي الناتج عن فطر العفن المدمر (إيطاليا)

الشكل رقم (8)

عفن رمادي (إيطاليا)

الصدأ

العامل المسبب: فطر Aecidium opuntiae Magn.

مرادف: Puccinia opuntiae (Magnus) Arthur & Holw

الأنواع العائلة: صبّار Bouteloua simplex Lag. Opuntia spp.

التوزيع الجغرافي: بوليفيا، إيطاليا، البيرو.

الأعراض والعلامات: يُعرف هذا المرض باسم «رويا» في جنوب أمريكا، وينجم هذا المرض عن شقران الصبّار (Puccinia opuntiae)، والذي يتسبب في بثور صفراء برتقالية على سطح الألواح أو الثمار. كلما جفت بقعة الصدأ، ينموثقب على الألواح. وصف غويدانيتش (1964) أعراضاً مشابهة لقشرة من الصدأ ونُسب العامل المسبّب إلى فطر (Phyllosticta opuntiae Sacc. & Speg).

مكافحة المرض: إزالة اللوح المصاب بالعدوى ودفنه .

العفن القشري

العامل المسبب: فطر (Scytalidium lignicola Pesante).

الأنواع العائلة: فطر Auricularia polytricha , Citrus paradisi, Mangifera indica, Manihot esculenta, Vanilla fragrans, والبشر والحيوانات.

التوزيع الجغرافي: البرازيل.

الأعراض والعلامات: ينتشر المرض على نطاق واسع في علف الصبّار (palma forrageira) في منطقة شمال شرق البرازيل. تبدأ الأعراض بعفن جاف يطوّر مظهراً قشرياً عند قاعدة الألواح (سوزا وآخرون، 2010). تتدفق إفرازات صمغ أصفر اللون بغزارة من الأنسجة المصابة. إن هذا الفطر المتعدد التطفل هو ممرض يتسبب في تعفن في الجلد والأظافر والشعر عند البشر.

مكافحة المرض: لم تُجر بحوث حتى الآن لتحديد الظروف المثلى لانتشار المرض. تتم إزالة النباتات المصابة للحد من كمية اللقاح الذي يصيب النباتات القريبة بالعدوى.

العفن النباتي القاعدي الناتج عن فطر العفن المدمر

العامل المسبب: فطر Phytophthora nicotianae Breda de Haan.

الأنواع العائلة: يصيب المرض النباتات من حوالي 90 عائلة مختلفة، ويكون لدى كل صنف مستنسخ عوائل مميزة.

التوزيع الجغرافي: إيطاليا.

الأعراض والعلامات: فطر العفن المدمر (Phytophthora nicotianae) هو العامل المسبب للعفن النباتي القاعدي في الصبّار في إيطاليا (كاتشيولا وماغنانو دي سان ليو، 1988). تتمثل الأعراض الأكثر شيوعا للعفن النباتي القاعدي في تسرب إفراز صمغي من اللوح السفلي . تعتري النباتات المريضة بقع مشربة بالمياه ذات حواف بنية غير منتظمة على سطح قاعدة الساق وعفن طري للأنسجة الداخلية، والذي يتحول إلى بني أو يكون ضارباً إلى الحمرة. تصبح النباتات المصابة مفتقرة إلى الخضرة وتنمو ببطء وتذبل الألواح، ما يتسبب في سقوط النبات على الأرض (**الشكل رقم 7**).

مكافحة المرض: تكون الترب الطينية حيث يركد الماء عرضة لإيواء فطر العفن المدمر (Phytophthora). ولهذا السبب ينبغي زراعة الصبّار في تربة جيدة الصرف لمنع تشبّع التربة بالمياه.

التعفن التاجي وتعفن الألواح

العامل المسبب: فطر Pythium aphanidermatum Edson (Fitzp.)

الأنواع العائلة: قارت على نطاق واسع.

التوزيع الجغرافي: المكسيك.

الأعراض والعلامات: تتمثل الأعراض الأولى في ظهور بقع لينة لونها بني داكن على الألواح عند خط التربة، وتصل البقع تدريجيا إلى الجزء العلوي من الألواح ثم تمتد نحو الأعلى إلى الألواح الأخرى. وترتبط الألواح المتعفنة بعفن الجذور. وتتساقط النباتات المريضة في النهاية، وتتساقط النباتات الكبيرة بشكل أسرع من النباتات الصغيرة (رودريغيز ألفارادو وآخرون، 2001).

مكافحة المرض: تجنب الماء الزائد والحفاظ على تصريف جيد للتربة.

الشكل رقم (9)

عفن الثمار الناتج عن فطر المكنسية (إيطاليا)

الشكل رقم (10)

عفن طري ناتج عن المكروفومينا (إيطاليا)

تعفن الجذور

العامل المسبب: Fusarium oxysporum f. sp.opuntiarum (Pettinari) W.L. Gordon.

الأنواع العائلة: Echinocactus grusoni, Schlumbergera truncate.

التوزيع الجغرافي: البرازيل، إيطاليا.

الأعراض والعلامات: تتعفن جذور النباتات المصابة، ويتغير لون الأنسجة المصابة لتكون شديدة الحمرة. إذا أصبح تعفن الجذور شديداً، يمكن أن تطوّر النباتات المصابة أعراضا أخرى تتضمن التقزم والذبول (بيتيناري، 1951).

مكافحة المرض: تتم عن طريق الزراعة في تربة جيدة التصريف والحد من تلبد التربة لجعل الظروف أقل ملاءمة للإصابة بعدوى الفيزاريوم.

العفن الرمادي

العامل المسبب: Botrytis cinerea Pers (Botryotinia fuckeliana [de Bary] Whetzel).

الأنواع العائلة: متعدد التطفل إلى حدٍّ كبير.

التوزيع الجغرافي: إيطاليا.

الأعراض والعلامات: يتسلل الممرض عبر الجرح الذي يحدث في الغالب عندما يتم فصل الثمرة عن الألواح. تكون المنطقة المصابة بالعدوى من الثمار رمادية داكنة وعادة دائرية؛ تتحلل الأنسجة الداخلية وتكون متحللة ولينة (**الشكل رقم 8**). (جي غراناتا، تواصل شخصي).

مكافحة المرض: تجنب الجروح خلال القطاف ومعالجة ما بعد القطاف.

تعفن الثمار

العامل المسبب: فطر Penicillium spp.

الأنواع العائلة : متعدد التطفل إلى حدٍ كبير.

التوزيع الجغرافي: في جميع أنحاء العالم

الأعراض والعلامات: يعد العفن الناتج عن فطر المكنسية (Penicillium) مرضاً رئيسياً يحدث بعد قطاف ثمار الصبّار في العديد من مناطق الإنتاج في العالم. تم الإبلاغ عن Penicillium italicum Wehmer وP. digitatum (Pers.) Sacc بوصفها عوامل مسببة رئيسية لهذا المرض (شيرا وآخرون، 1999 ب). تم تسجيل أنواع أخرى من هذا المرض بما في ذلك P. citrinum Thom و P. expansum Link (شيرم وآخرون، 2003؛ أوليفيري وآخرون، 2007) وP. polonicum K.M. Zalessky (فايدا وآخرون، 2015أ) على ثمار الصبّار في إيطاليا (الشكل رقم 9). تجعل الإصابات المادية للقشرة أثناء القطف والمناولة وكذلك التخزين البارد ثمار الصبّار عرضة للإصابة بعدوى هذا الفطر. تصبح الأنسجة المصابة بنية اللون ولينة ومشبعة بالماء. تكبر البقع، وينبثق غزل فطري أبيض من شقوق القشرة المتحللة وتظهر كتلة من الأبواغ الزرقاء الخضراء على سطح القشرة على طول البقع.

مكافحة المرض: تتم مكافحة المرض من خلال قطف الثمار ومناولتها بعناية من أجل الحد من تلف القشرة. في مقرات التعبئة ومنشآت التخزين، يمكن أن تمنع الممارسات الصحية تكوّن الأبواغ على الثمار المريضة وتخفض كمية اللقاح.

العفن الطري الناتج عن Macrophomina

العامل المسبب: Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid

الأنواع العائلة: متعددّ التطفل على أكثر من 500 نبات.

التوزيع الجغرافي: إيطاليا.

الأعراض والعلامات: تبدأ الأعراض بعفن بني طري ينشأ في الجزء

القريب ويمتد إلى الثمار بأكملها بعد القطف (فايدا وآخرون، 2015ب). في المرحلة المتقدمة، تكون المنطقة المصابة مغطاة بكتلة فطرية (الشكل رقم 10). كما تم تسجيل الإصابة Macrophomina في البرازيل والمكسيك، حيث تتسبب في عفن فحمي على الصبّار المخصص للعلف (أوليفيرا وآخرون، 2003؛ منديز غاليغوس وآخرون، 2009).

مكافحة المرض: حتى الآن، لم تجرأيّة بحوث حول السيطرة على هذا المرض.

فطريات أخرى

إضافة إلى تلك التي نوقشت أعلاه، تم العثور على فطريات أخرى عديدة على ألواح نباتات الصبّار وثمارها. مع ذلك، فإن العديد منها يعد رميات أو ممرضات ثانوية، غالباً ما تتعافى من النباتات الضعيفة، ولم يتم إثبات دورها كممرضات رئيسية بوضوح. ترد أدناه الفطريات الأكثر شيوعا.

- **Aspergillus niger** توجد في مصر وترتبط بالألواح والثمار المتعفنة (عمار وآخرون، 2004).
- **Candida boidimi** ترتبط بالعفن الطري على الألواح والثمار في إيطاليا (غراناتا وفارفارو، 1990).
- **Capnodium spp** وفطريات أخرى – تتسبب في عفن قاتم في المكسيك (منديز غاليغوس وآخرون، 2009؛ موندراغون جاكوبو وآخرون، 2012).
- **Cercospora sp** تم الإفادة عن وجوده في بوليفيا وبيرو وهو يتسبب في بقع نخرية دائرية رمادية اللون على الألواح (غراناتا وسيدوتي، 2002).
- **Colletotrichum gloeosporioides** توجد في البرازيل وكوريا والمكسيك، وتتسبب في التبقع الفحمي على الألواح. تتكون الأعراض من بقع بنية داكنة تبدأ عادة عند حواف الأوراق الطافية ومن ثم تمتد على الورقة الطافية بكملها (أوسادا وكاركامو، 1991؛ كيم وآخرون، 2000؛ سوزا وآخرون، 2010).
- **أنواع Fusarium** يوجد على الصبّار في أجزاء عديدة من العالم، بما في ذلك البرازيل ومصر وجنوب أفريقيا والمكسيك (سوارت وكريل، 2002؛ عمار وآخرون، 2004؛ سوارت، 2009؛ سوزا وآخرون، 2010):
- **Fusarium oxysporum**، والمغزلاوية (F. proliferatum) والمغزلاوية (F. sporotrichoides) – المرتبطة بالبقع النخرية الجافة على الألواح.
- **F. solani** تم الإفادة عن كونه يتسبب في تعفن الألواح في الصبّار عديم الشوك في منطقة ألاغواس (شمال غرب البرازيل) (فرانكو وبونتي، 1980).
- **F. lunatum** تم الإفادة عن كونها العامل المسبب للبقع الدائرية على الألواح.
- **Cladosporium sp.** ترتبط بالبقع على الأوراق الطافية في ولاية المسيسيبي، الولايات المتحدة الأمريكية (msucares.com).
- **Curvularia lunata** تم الإفادة عن وجودها في البرازيل والمكسيك وتتسبب في أعراض ظهور بقع دائرية على الألواح (سوزا وآخرون، 2010؛ فلوريس فلوريس وآخرون، 2013).
- **Cylindrocarpon sp.** يوجد في جنوب أفريقيا ويرتبط بنخر الألواح (سوارت وسوارت، 2002).
- **Hendersonia opuntiae** يتسبب في مرض يعرف باسم «السفعة» أو «لسعة الشمس». تتكون الأعراض من ظهور بقع في البداية مقسمة إلى مناطق بوضوح، وتكبر لاحقا حتى تتحول الألواح بأكملها لتكون ذات لون بني مائل إلى الحمرة. يكون مركز المنطقة المصابة بالعدوى ذو لون بني رمادي ومتشقق (هورست، 2013).
- **Mycosphaerella sp.** يتسبب في بقع نخرية على الألواح في جنوب أمريكا. يُعرف هذا المرض باسم مانشا بلاتيدا (mancha plateada) في المكسيك (غراناتا، 1995).
- **Phoma sp.** يوجد في الأرجنتين، ويتسبب في بقع نخرية على الألواح (غراناتا، 1995).
- **Pleospora sp.** يتسبب في بقع نخرية على الألواح (Granata, 1995).
- **Pollaccia sp.** تم الإفادة عن أنه يتسبب في تعفن الألواح في

الشكل رقم (11)

العفن الأسود الطري (إيطاليا)

الصبّار عديم الشوك في منطقة ألاغواس (شمال غرب البرازيل) (فرانكو وبونتي، 1980).

- **Rhizopus sp.** يوجد في البرازيل في وجنوب أفريقيا (سوارت وسوارت، 2002؛ سوزا وآخرون، 2010)..

الأمراض البكتيرية

العفن الأسود الطري

العامل المسبب: الإيروينية كاروتوفورا Erwinia carotovora subsp. Carotovora.

الأنواع العائلة: متعدد التطفل.

التوزيع الجغرافي: الأرجنتين، إيطاليا

الأعراض: في الربيع، تظهر الألواح بقعاً منقوعة في الماء والتي تصبح بنية ومتداخلة (**الشكل رقم 11**). وتصبح الأنسجة الخارجية جافة ومتشققة في أغلب الأوقات؛ تتحول الأنسجة الداخلية إلى لون بني أقرب إلى السواد. يمكن ملاحظة هذه الأعراض أيضا على الثمار (فارفارو وآخرون، 1993؛ سعد وآخرون، 1998).

مكافحة المرض: إزالة الأجزاء المصابة بالعدوى وإبادتها. الرش بمركبات نحاس فوراً في الحالات مرتفعة الخطورة، مثل بعد حدث هبوب رياح أو هطول برد شديد.

التدرن التاجي

العامل المسبب: Rhizobium radiobacter (المعروفة مسبقا باسم Agrobacterium tumefaciens).

الأنواع العائلة: قارت إلى حد كبير مع أكثر من 90 عائلة من النباتات.

التوزيع الجغرافي: المكسيك.

الأعراض: يتشكل إفراط في النمو ورمي (عفصة) عند قاعدة الألواح. يتراوح لون العصفة من البني إلى الأسود، وتتشقق عند النضوج. يتفاوت الورم في قاعدة الألواح في الحجم مع قطر يبلغ، يساوي أو يتجاوز 15 سنتيمتر (غوتيرريز، 1992).

مكافحة المرض: لا تُزرع أصناف نبات عرضة للإصابة في التربة المعروفة بتفشي هذا المرض فيها. تكون المعالجة الوقائية من خلال المكافحة البيولوجية بالأجرعية Agrobacterium radiobacter تعد غير مكلفة نسبيا ووسيلة فعالة لمكافحة نمو التدرن التاجي في العمليات التجارية.

الفيتوبلازما والأمراض الفيروسية

يعد engrosamiento de cladodios تضخم الألواح واحداً من أكثر الأمراض خطورة في بساتين الصبّار في المكسيك كما يدعى

الشكل رقم (12)

مرض لفيتوبلازما (إيطاليا)

macho (بيمينتا باريوس، 1990). تتمثل الأعراض المعتادة لهذا المرض – والذي يفترض أنه ناجم عن الفيتوبلازما – في التقزم الحاد للألواح والزهور والثمار. يحدث هذا المرض أيضاً في الولايات المتحدة الأمريكية (كاليفورنيا)، حيث ظهر في منتصف ثمانينيات القرن الماضي، وفي جنوب أفريقيا (فيلكر وآخرون، 2010).

في إيطاليا، رجعت أعراض التشوّه والتقزّم ونقص الزهور والثمار وإنتاج الأشواك على ثمار الصبّار إلى سلالة فيتوبلازما التي تنتمي إلى المجموعة الثانوية الريباسية 16SrII-C (الشكل رقم 12) (غراناتا وآخرون، 2006؛ تيسيتوري وآخرون، 2006).

حدد بيرتاتشيني وآخرون (2007) نوعين مختلفين من الفيتوبلازما (16SrI-B و16SrV-A)، وهما يرتبطان بعيّنات الصبّار المصابة بمرض تضخم الألواح في كاليفورنيا.

لوحظت أعراض تشوّه الألواح وتكاثر البرعم وسماكة الألواح وجعلها على شكل قلب، مع توقف نمو النبات واصفرار الألواح في منطقة أهرامات سانت مارتن (ولاية تقع شمال شرق المكسيك) وترتبط بالفيتوبلازما من المجموعة الثانوية 16SrII (هيرنانديز بيريز وآخرون،

2009أ). لاحقاً، أفاد فوسيكوفسكي زاك وآخرون (2011) عن أعراض فيتوبلازما على نباتات الصبّار في منطقة نوبالتيبيك (ولاية مكسيكو) مرتبطة بمجموعة الفيتوبلازما 16SrI (سلالة فيتوبلازما الاصفرار النجمي، Candidatus phytoplasma asteris). لوحظت في المنطقة ذاتها في الآونة الأخيرة أعراض لتشوه الألواح وسماكتها والفسيفساء والإصفرار والتكاثر وتشوه الثمار في الصبّار، ولكن رجع العامل المسبب إلى فيتوبلازما 16SrXIII الاخضرار العناقية المكسيكية (ساست دزول وآخرون، 2012ب).

أفاد فيلكر وآخرون (2010) عن كون مرض تضخم الألواح في كاليفورنيا ينجم عن فيروس التبغ، ومن الممكن أن يكون هذا الفيروس قد تسبّب في عدد من الإصابات في المكسيك وجنوب أفريقيا وإيطاليا تم الحصول عن نتائج مماثلة من جانب ساست دزول وآخرين (2012أ)، والذين أثبتوا أن وجود الفيروس في عينات الصبّار من منطقة نوبالتيبيك يظهر سماكة ومتلازمة الفسيفساء على الألواح. بناء على ذلك، تم التأكد من حدوث العدوى المرافقة بين الفيتوبلازما والفيروس في هذه المتلازمة. من الصعب السيطرة على الفيتوبلازما والأمراض الفيروسية لهذا المحصول نتيجة لنقص الدراسات العلمية حول قابلية إصابة الصنف المزروع والحشرات الناقلة للفيروس.

الاضطرابات غير الحيوية

ثمة نقص شديد في المراجع العلمية التي تتناول الأمراض غير المعدية للصبّار. ترد أدناه الاضطرابات الحيوية الأكثر شيوعا التي تحدث عادة في بعض المناطق التي ينمو فيها الصبّار.

الإصابات الناتجة عن الصقيع

يمكن أن يكون للتلف الناتج عن الصقيع نتيجة لدرجة حرارة أدنى من خمس درجات مئوية تحت الصفر تأثير قاس على النبات بأكمله أو يؤثر في جزء صغير فحسب من النسيج النباتي، ما يخفض الغلة أو جودة المنتج فحسب. تتفاوت قابلية الإصابة بالبرد بناء على العمر والحالة الفسيولوجية للنبات وعلى الصنف المزروع. تكون الثمار الناضجة هي الأكثر عرضة للإصابات الناتجة عن الصقيع، والتي تتكون من بقع نخرية على سطح القشرة (**الشكل رقم (13)**).

الإصابات الناجمة عن البرد

ترتبط درجة التلف في الصبّار الذي يسببه البرد بمدة العاصفة وشدتها، وكذلك بمرحلة نمو النبات. تتسبب الإصابات الناتجة عن البرد في جروح عند نقطة الارتطام؛ حتى أنه يمكن أن يحدث ثقب

13

14

15

16

الشكل رقم (13)

إصابات ناتجة عن الصقيع (إيطاليا)

الشكل رقم (14)

إصابات ناتجة عن البرد (إيطاليا)

الشكل رقم (15)

إصابات ناتجة عن الجليفوسات (إيطاليا)

الشكل رقم (16)

تشقق الثمار (إيطاليا)

للألواح الصغيرة والثمار بسبب ارتطام حبات البرد (الشكل رقم 14).

بما أن الأنسجة المجروحة توفر مواقع لدخول البكتيريا والفطريات للنبات، فإن المعالجة الوقائية بالنحاس التي يتم تطبيقها بعد فترة وجيزة من وقوع الحدث يمكنها منع العدوى. ينبغي تقليم الألواح والثمار شديدة التلف في أقرب وقت ممكن.

الإصابات الناتجة عن مبيدات الأعشاب

تختلف أعراض سمية مبيدات الأعشاب وفقاً لنوع مبيد الأعشاب المستخدم وتركيز المنتج والعوامل البيئية (**الشكل رقم 15**).

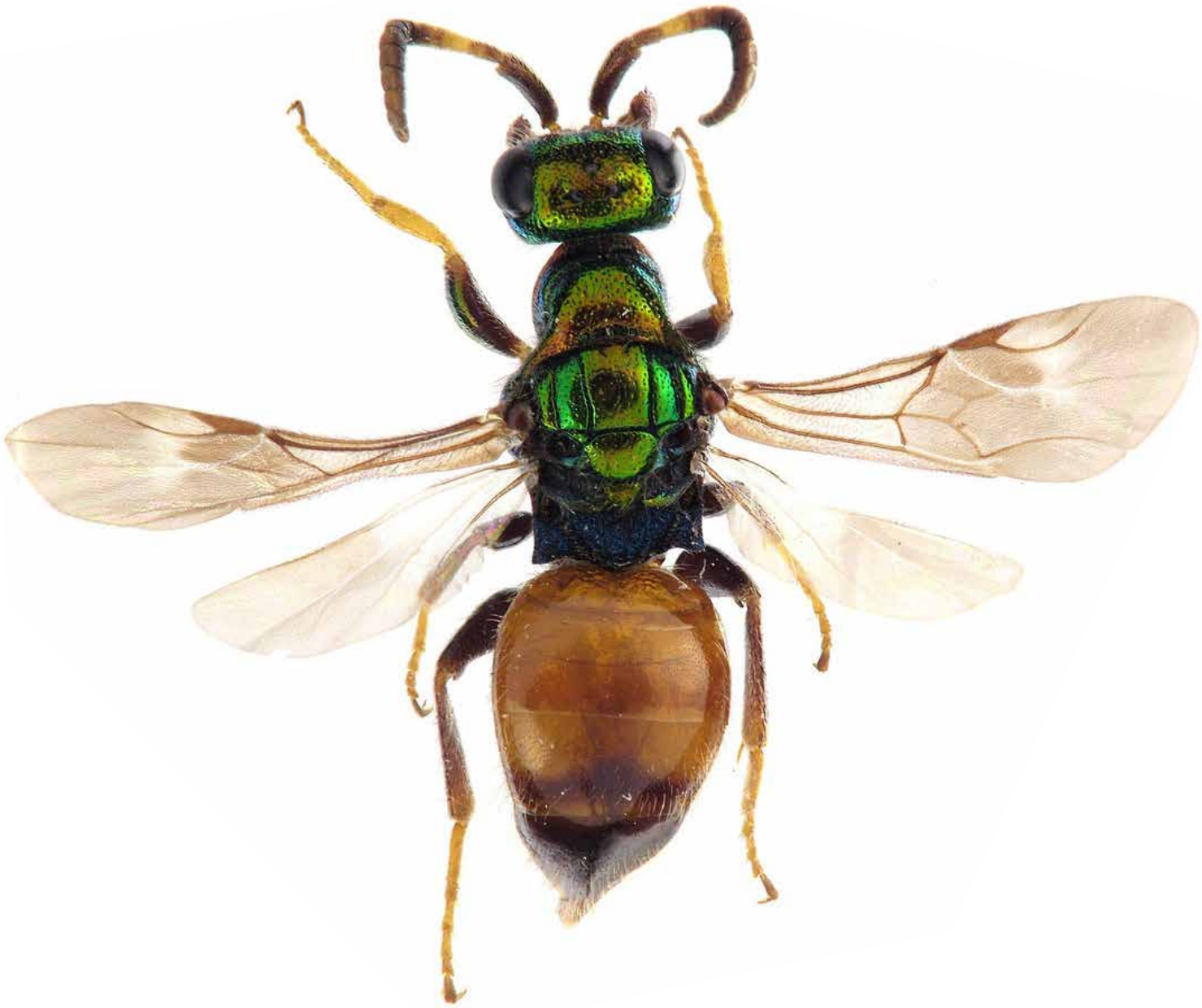
تشقّق الثمار

على الرغم من أن السبب الدقيق لتشقّق الثمار غير معروف، إلا أنه يحدث عندما تمتص النباتات الماء من الامطار أو الري بعد فترة جفاف طويلة وتتمدد الثمرة، ما يؤدي إلى تشقق القشرة في الجزء السفلي (**الشكل رقم 16**).

11

الآفات الحشريّة للصبّار

Jaime Mena Covarrubias
المعهد الوطني لبحوث الحراجة والزراعة والثروة الحيوانية، المكسيك



11 الآفات الحشريّة للصبّار

مقدّمة

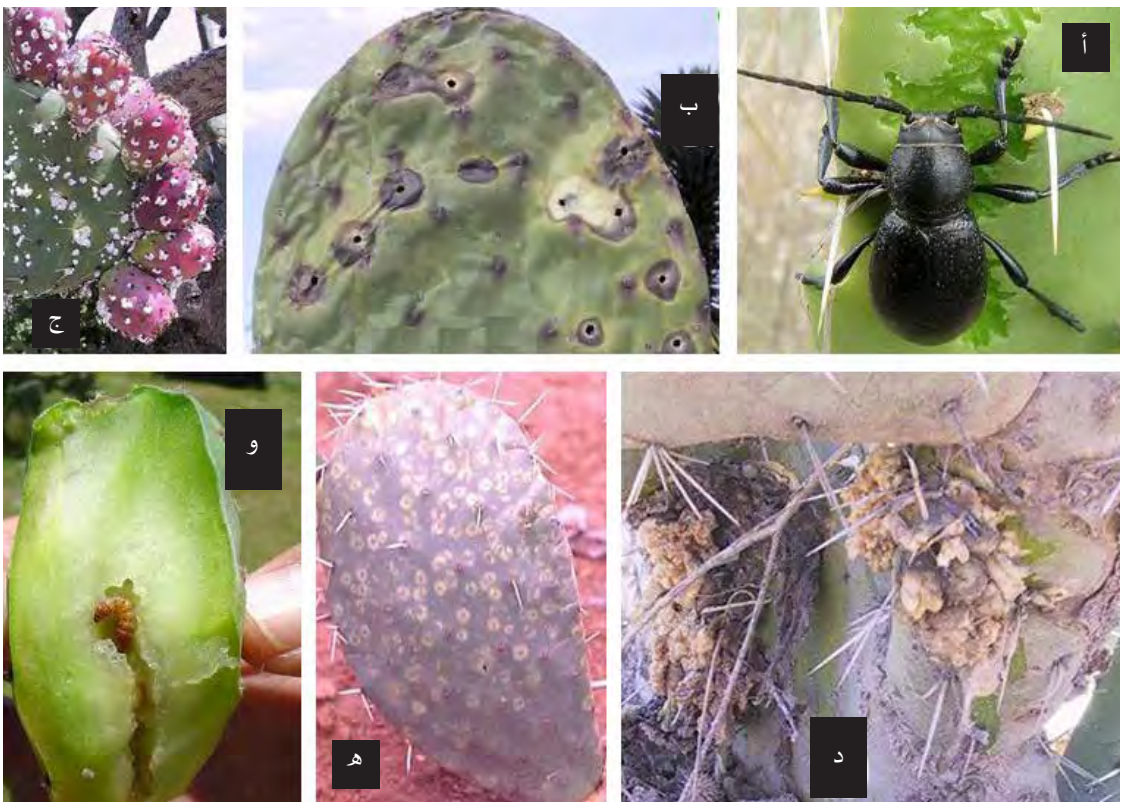
إن عائلة الصبّاريّات هي مجموعة متميّزة للغاية من النباتات ذات خصائص نمو وهيئة مميزة، ولقد طورت بشكل طبيعي مجموعة الحشرات الخاصة بها. وفي الواقع، هناك أكثر من 160 نوعاً من الحشرات الضّارّة لنباتات الصبّار(دود، 1940؛ مان، 1969؛ زيمرمان وغراناتا، 2002)، وهي أعداء للصبّار إلى حدٍّ كبير، ولكنها ليست أعداء له وحده.

لقد تأقلمت حشرات الصبّار مع الظّروف العامّة للمناطق التي تنمو فيها نباتاتها العائلة. على سبيل المثال، إن معظم أطوار البلوغ للخنفساء والحشرات حرشفيات الأجنحة تكون نشطة في الليل فحسب، ويحدث نموها غير البالغ في الأنسجة الداخلية للألواح المسطحة للصبّار وفروعها وألواحها؛ في الواقع، إن 75 في المائة من جميع الحشرات التي تتغذى على الصبّار هي متغذيات داخليّة (زيمرمان وغراناتا، 2002). لقد تأقلمت هذه الحشرات أيضا مع بنية نباتات الصبّار وهيئتها، وعادة ما تضع حشرات النبات وحرشفيات الأجنحة بيوضها على أشواك الألواح، ولا ينجو أي جزء من الإصابة، حيث تهاجم أنواع الحشرات الجذور والألواح والثمار (**الشكل رقم 1**).

تؤثّر الإصابات التي تتسبب بها الحشرات في بساتين الصبّار على الإنتاج كمّاً وكيفاً، وكذلك في مدة العمر الإنتاجي. بصفة عامة، تشكل الحشرات التي تتغذّى على الثمار خطراً أعلى على المحصول من تلك التي تتغذى على الألواح، وتلعب كثافة الحشرات دوراً مهماً أيضاً في تحديد وضعية الحشرة كضارة أم لا.

الحشرات

يعرض هذا الفصل المجموعات الرئيسيّة من الحشرات التي تتغذى على الصبّار في جميع أنحاء العالم، مع التركيز على تحديد الهوية والبيئة والخصائص البيولوجية، وكذلك أساليب المكافحة.



الشكل رقم (1)

التلف الذي تسببه الحشرات على الصبّار:

أ) حشرة بالغة من نوع خنفساء الصبّار طويلة القرون (Moneilema) على لوح رقيق ،

ب) أعراض ثقوب الرصاص،

ج) تفشي الحشرة ا القرمزية البرية على الثمار،

د) إفرازات صمغ صلبة على ألواح الصبّار الرئيسية من يرقات الميتاماسيوس،

هـ) تلف ناتج عن حشرة البق الرمادية،

و) يرقات البلورات الخلفية داخل ثمرة الصبّار .

الحشرة القرمزية Dactylopius opuntiae، متشابهات الأجنحة: الوعفيات

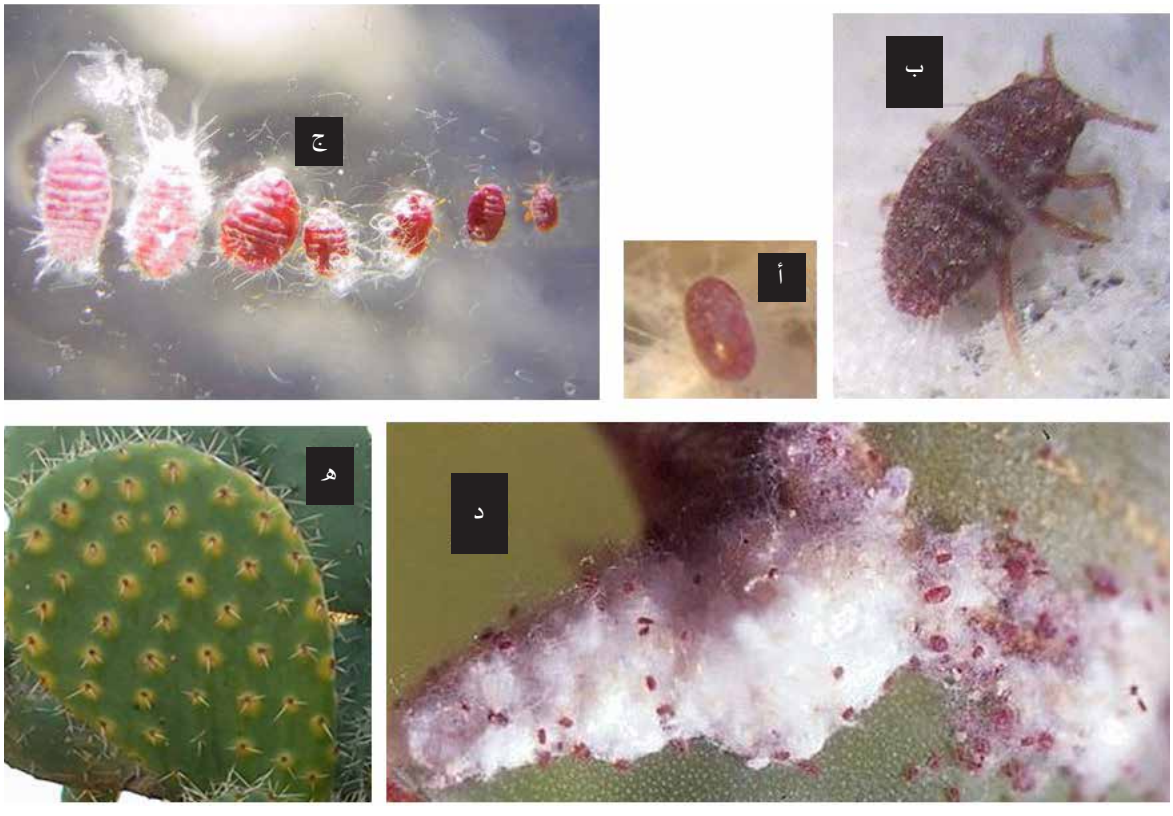
ربما تعدّ الحشرة القرمزية Dactylopius opuntiae في الوقت الحاضر الآفة الحشرية الأكثر خطورة في بساتين الصبّار في جميع أنحاء العالم. في البرازيل، أصابت الحشرة 10 ألف هكتار من الصبّار المزروع من أجل إنتاج العلف، ما خفض الإنتاجية بنسبة 80 في المائة (لوبوس وآخرون، 2013)؛ وفي المكسيك، تعد هذه الحشرة العامل البيولوجي الذي يحدّ من إنتاج الصبّار بأقصى قدر (مينا كوفاروبياس، 2011)؛ وفي جنوب أفريقيا، هي واحدة من أهم آفتين تحدّان من إنتاج العلف والثمار (دي وال وآخرون، 2013ب).

تتميز الحشرة القرمزية D. opuntiae بالتكاثر الجنسي وازدواج النوع، ويكون للأنثى دورة حياة تتكون من أربع مراحل (بيضة، يرقة في طور مرحلي أول، يرقة في طور مرحلي ثانٍ، بالغة)، في حين يكون للذكر دورة حياة تتكون من ست مراحل (بيضة، يرقة في طور مرحلي أول، يرقة في طور مرحلي ثانٍ، طور ما قبل الخادرة، خادرة، بالغ). تعتمد مدة دورة الحياة على عوامل عديدة، مع وجود خصائص مشتركة. تكون البيضة بيضاوية الشكل وذات لون أحمر براق؛ يمكن أن يحدث التفقيس داخل الحشرة الأنثى البالغة؛ أو يمكن للزواحف (اليرقة في الطور المرحلي الأول) أن تفقس في غضون بضع دقائق من وضع البيض (فلوريس هرنانديز وآخرون، 2006). في ما يتعلق بالإناث، تستمر مرحلة اليرقة لمدة 18.1 يوماً؛ تليها مرحلة ما قبل وضع البيض والتي تستمر لمدة 18.8 يوماً؛ وأخيراً تقضي الإناث 22.2 يوماً في مرحلة وضع البيض .

وفي المتوسط، تضع الأنثى الواحدة 131 بيضة (يتراوح النطاق بين 62 - 617) (فلوريس هرنانديز وآخرون، 2006). يبدو الذكر البالغ مثل ذبابة ذات ذيلين طويلين، وتستخدم الذكور الطيران لتحديد مكان أقرانها، وتكون قصيرة العمر. يمكن التعرف على الحشرة القرمزية القطنية بسهولة: تغطي كتل صوفية كبيرة من الشمع الأبيض جسدها، وعند سحقها، يخرج اللون القرمزي القاني لمائع الجسم ويتناقض مع اللون القطني (الشكل رقم 2).

يعتمد الاستعمار الناجح لنباتات الصبّار الجديدة على اليرقة الأنثى في الطور المرحلي الأولي، لأنها تكون الوحيدة ذات أرجل وظيفية (الشكل رقم 2). كما أنها تطوّر أيضاً خيوطاً ظهرية شمعية طويلة، والتي تتطور جيداً بحلول الوقت الذي تبلغ فيه الزواحف يوم أو يومين. تحضيراً للانتشار، تتسلق الإناث الزاحفة إلى أعلى ألواح النبات المضيف و"تستعد للطيران" بمساعدة الرياح (موو آخرون، 1982).

تعيش الحشرة القرمزية على سطح الصبّار، غالبا في تجمعات أو مستعمرات تتألف من حشرات في مراحل مختلفة من النمو، وتستقر في قاعدة الأشواك. تتسبب الإناث والحوريات بالتلف الناتج عن التغذية لأنها تمتص النسغ من الألواح والثمار. في غضون بضعة أسابيع من الاستقرار على النبات، تظهر مناطق صفراء على



الشكل رقم (2)

حشرة قرمز الصبّار البرية، مراحل حياة قرمزية الصبّار (Dactylopius opuntiae):

أ) بيضة، ب) زاحفة،

ج) مراحل مختلفة من النمو غير البالغ،

د)مستعمرة عدة إناث بالغة وبعض الزواحف عليها، هـ) تلف ناتج عن التغذية على الألواح.

الألواح (الشكل رقم 2هـ) والتي لا تلبث أن تسقط. على الرغم من أنه يمكن أن تنمو ألواح جديدة، فإنّ هذه أيضاً معرّضة للسقوط إذا بقيت الحشرة القرمزية على النبات. بناءً على حدّة الانتشار، يمكن أن يموت الجذع أيضاً، ولا تتغذى الحشرات الذكور عند بلوغها أبداً.

من أجل مكافحتها، تعدّ اليرقة في الطور المرحلي الأول الهدف الأسهل والأهم.

آفات الحشرات حرشفيات الأجنحة

تُعدّ حفّارات العث النارية (Pyralidae moth borers) من حشرات الصبّار الأكثر خطورة وكثرة؛ تشتمل هذه العائلة على حوالي 50 في المائة أكثر من أنواع الآفات بالمقارنة مع خنافس الصبّار طويلة القرون و66 في المائة أكثر من الأنواع بالمقارنة مع سوس الصبّار(موران، 1980؛ زيمرمان وغراناتا، 2002). يمثل عث الصبّار (Cactoblastis cactorum) ودودة الصبّار المخططة (Olycella nephelepsa) ودودة الصبّار البيضاء (Megastes cy-clades) وحفار وصلات الأوراق (Metapleura potosi) أربعة من أهم الآفات الحشرية حرشفيات الأجنحة التي تتغذى على الصبّار. يشكّل عث الصبّار (Cactoblastis) الخطر الأعلى من حيث الضرر نظراً لوجوده بالفعل في جنوب أمريكا وجنوب أفريقيا، وهو يهدّد باجتياح مناطق إنتاج الصبّار التجاري في الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك (زيمرمان وغراناتا، 2002). تعتبر جميع هذه الحشرات حرشفيات الأجنحة الأربع متغذيات داخلية على الألواح؛ كما يجتاح أيضاً حفار وصلات الأوراق (Metapleura) ثمار الصبّار، حيث يثقب من اللوح حتى الثمرة، ولا يترك أي أثر لنقطة دخوله (مينا كوفاروبياس، 2013).

لدى جميع اليرقات كاملة النموّ لحشرة Cactoblastis و Olycella وMetapleura ألوان زاهية على أجسامها. حيث تتّسم يرقات حشرة Cactoblastisبلون برتقالي قانٍ موحّد، أو برتقالي به احمرار بصفوف مستعرضة من بقع سوداء كبيرة (الشكل رقم 3ل)؛ بينما يكسو يرقات حشرة Olycella لون أزرق داكن أو أزرق أسود ذو أشرطة مستعرضة بيضاء (الشكل رقم 3ط)؛ وتزهو اليرقات الحمراء البرتقالية الصفراء الباهتة لحشرة Metapleura أيضاً بصفوف مستعرضة من بقع سوداء صغيرة على خلفية برتقالية قانية (الشكل رقم 3و). بينما تكون يرقات حشرة Megastes-من ناحية أخرى - ذات لون أبيض كريمي، مع وجود بقعة بنية فاتحة على كل جانب من أقسامها (الشكل رقم 3ج). تضع إناث Cactoblastis وOlycellaبيضها في سلاسل تسمى باسم "عصي البيض" والتي تُلحق بأشواك الألواح. يوجد ما يتراوح بين 35و150 بيضة على عصا بيض الحشرة الواحدة Cactoblastis(مان، 1969)، ويتم تكديسها واحدة فوق الأخرى كما لو أنها كانت جزءاً من أشواك النبات (الشكل رقم 3ك)؛ تحتوي عصا بيض حشرة Olycella على مابين بيضة وثمان بيضات فحسب، وتكون عند

الشكل رقم (3)

آفات الحشرات حرشفيات الأجنحة ومراحل حياتها:

(أ) حشرة Megastes (cyclades) بالغة،
(ب) كتلة من البيض
(ج) يرقات
(د) حشرة (Metapleura potosi) بالغة،
(هـ) بيض
(و) يرقات؛
(ز) حشرة Olycella (nephelepsa) بالغة،
(ح) كتلة من البيض
(ط) يرقات؛
(ي) حشرة Cactoblastis) (cactorum بالغة،
(ك) كتلة من البيض
(ل) يرقات.

الزوايا القائمة للشوك (الشكل رقم 3ح)، على نحو موازٍ تقريباً لألواح الصبّار. تضع أنثى حشرة Megastesكتل بيض تتراوح بين 40 - 90 بيضة على سطح الألواح، مع كون حواف البيض متداخلة مثل قرميد السطح (الشكل رقم 3ب). تضع حشرة Metapleura بيضها بشكل منفرد على شقوق ألواح الصبّاروفواصلها وسطحها (الشكل رقم 3هـ). تكون أطوار البلوغ لهذه الحشرات الأربع هي عثث ذات نشاط ليلي (الأشكال رقم 3أ و 3د و 3زو 3ي).

يمكن ليرقات Cactoblastisأن تدمّر نبات الصبّار الذي يتراوح حجمه من صغيرإلى متوسط على نحوتام في موسم واحد: فهي تلتهم جميع الأنسجة الداخلية للألواح، ومن ثم تترك اليرقات الورقة خالية وتنتقل في مجموعات إلى الأوراق المجاورة السليمة. يمكن أن يكون لحشرة Cactoblastisجيلين أو ثلاثة أجيال في السنة. ولا تتميزيرقات حشرة Megastesبالقدرة ذاتها على التنقل والتدمير مثل حشرة Cactoblastis، بيد أن الدهاليز التي تصنعها يرقاتها كل سنة تتسبب في انهيار الفروع الرئيسية وألواح الصبّار. لدى حشرة Megastes جيل واحد فقط في السنة، ولكنها تهاجم أحياناً النبتة ذاتها لعدة سنوات متتالية. تشكل حشرة Metapleura خطراً كبيراً على المزارعين الذين يبيعون ثمار الصبّارطازجة، لأنه من الصعب اكتشاف الثمرة المصابة بالحشرات؛ فالمستهلك يدرك وجودها فقط بعد فوات الأوان، مع حدوث عواقب سلبية على علاقة المستهلك بالمزارع. أحياناً يوجد ما يصل إلى 15 - 20 يرقة من حشرة Metapleura على اللوح ذاته، الأمر الذي يؤدي إلى التعفن الجزئي، أو - إذا كان التلف في الفواصل - تسقط الألواح على الأرض؛ لكن في معظم الحالات لا يكون التلف كبيراً. تهاجم حشرة Olycellaبساتين الصبّار الصغيرة في السنوات الثلاث الأولى فقط؛ ويكون التلف متمركزاً، وتوجد الآفات المفردة في حُفرتحت انتفاخات شبيهة بالأورام في الألواح.

يكمن هدف المكافحة لجميع هذه الآفات في اليرقات الحديثة التفقيس، لكن تتفاوت الفرصة السانحة للنجاح بين يوم واحد لحشرة Cactoblastis وعدّة أيام (الأنواع الأخرى). إنّ كتلة بيض حشرة Cactoblastis هي الهدف الأسهل: فمن السهل تحديد مكانها وهي تبقى في الحقل ثلاثة أسابيع على الأقل قبل التفقيس مان، 1969.

سوس الصبّار (السوسيات *Curculionidae*)

تعدّ سوسة الصبّار Metamasius spinolae وسوسة «ثقوب الرصاص» (.Gerstaeckeria spp) والسوسة ذات الخلية الإضافية Cylindrocopturus biradiatus ثلاثا من أهم الآفات الحشرية من فصيلة السوسيات بالنسبة إلى نباتات الصبّار. تشكل سوسة الصبّار Metamasius الخطر الأعلى، لأنه يمكن لعدد قليل فحسب من اليرقات التي تتغذى على قاعدة الألواح أن توقع النبتة بكاملها على الأرض؛ في حين يتغذى النوعان الآخران على الألواح.

الشكل رقم (4)

آفات حشرة سوسة الصبّار ومراحل حياتها:

(أ) سوسة بالغة (Metamasius spinolae) بالغة،
(ب) بيضة
(ج) يرقات
(د) شرنقات؛
(هـ) سوسة بالغة (Cylindrocopturus biradiatus) بالغة،
(و) بيضة
(ز) يرقات
(ح) شرنقات؛
(ط) حشرة (Gerstaeckeria spp) بالغة،
(ي) يرقات،
(ك) التلف الداخلي الناتج عن اليرقات.

من الممكن التعرف على السوسة بسهولة في طور البلوغ من خلال أنفها الطويل؛ يتراوح طول أنف سوسة Metamasius بين 22 - 25 ملم، ويتراوح طوله في سوسة Gerstaeckeria بين 0.5 - 0.6 سنتيمتر ويتراوح طوله في سوسة (Cylindro-copturus) بين 3 - 3.5 ملم.

تتميز سوسة Metamasius بأجنحة مغمدة سوداء ذات علامتين برتقاليتين (الشكل رقم 4أ)؛ ولدى سوسة Gerstaeckeria جسم أسود بني بقشور بيضاء (الشكل رقم 4ط)؛ وتتشح سوسة Cylin-drocopturus باللون الفضي بعلامات متقاطعة مزدوجة صفراء اللون في منتصف جسمها (الشكل رقم 4هـ). وتكون يرقات هذه الخنافس السوسية ديدان بيضاء عديمة الأرجل ذات رؤوس بنية اللون (الأشكال رقم 4ج ورقم 4زورقم 4ي).

إن كلاً من سوسة Metamasius وسوسة Gerstaeckeria من النوع الذي لا يطير؛ ولا تنشط الحشرات البالغة من سوسة Gerstaeckeria إلا في الليل فقط. ومن المحتمل أن توجد سوسة الصبّار على مدار السنة؛ ولكن تصل ذروة ظهورها في بداية موسم الأمطار؛ ويشيع وجود سوسة ثقوب الرصاص والسوسة ذات الخلية الإضافية في الفترة من آذار/ مارس إلى أيلول/ سبتمبر. تحفر إناث سوس الصبّار جحوراً في نسيج الألواح وتضع بيوضها وتسد الجحور بخليط من الطعام واللعاب المتقيأ، ويكون لها جيل واحد فحسب في السنة، ولكن يكون للحشرات البالغة مدى عمر طويل: يمكن أن يتجاوز عمر سوسة Metamasius العام الواحد، بينما يتراوح مدى عمر كلٍ من سوسة Gerstaeckeria وسوسة Cylindrocopturus بين أربع وخمس أشهر (دود، 1940؛ مان، 1969؛ مينا كوفاروبياس، 2013).

تتسبب اليرقات في معظم التلف لنباتات الصبّار حيث إنها تتغذى على الأنسجة الداخلية وتهيّء الظروف للتعفّن خاصة في حالة سوسة Metamasius، وبدرجة أقل، في سوسة Gerstaeckeria. إنّ يرقات سوسة Metamasius متنقلة بشكل كبير، حيث إنها تنتقل من الألواح إلى الجزء السفلي من الفروع الرئيسية، من أجل الحصول على كميات أكبر من الغذاء. ومن الشائع إيجاد ألواح وفروع ونباتات بأكملها مفردة ملقاة على الأرض؛ تزيد الحشرات الكاسحة من التعفن في المناطق المصابة بشكل كبير (دود، 1940؛ مان، 1969؛ مينا كوفاروبياس، 2013). تفضل الحشرات البالغة أن تتغذى على الألواح الصغيرة، وتستخدم سوسة Gerstaeckeria وسوسة Cylindrocopturus أيضاً الألواح من أجل وضع البيض ونمو اليرقات، في حين تفضل سوسة Metamasius الألواح الكبيرة من أجل تلك الأنشطة.

تعد الحشرة البالغة المرحلة الوحيدة التي تعيش فيها خارجياً ولهذا السبب فهي الهدف الرئيسي للمكافحة. لكن يمكن أن يمثل التقليم خياراً ممتازاً لمكافحة يرقات سوستي (Gerstaeckeria) و(Cylindrocopturus) وخادراتها خلال أشهر الشتاء.

الخنافس طويلة القرون (الزعقوقيات) (*Cerambycidae*)

يعتبر جنس خنفساء الصبّار طويلة القرون (Moneilema) مثالاً على هذه المجموعة (وتُعدّ M. variolaris واحدة من أكثر الأنواع شيوعاً في بساتين الصبّار). يمكنها أن تلحق ضرراً بالغاً حيث إنه بمقدور اثنتين أو ثلاثة فقط من اليرقات في قاعدة نبات الصبّار كامل الحجم أن تتسبّب في تدهور النبتة بأكملها. كما أنها تتغذى على قاعدة النباتات الصغيرة، وتُلحق الضرر ذاته الذي تحدثه سوسة Metamasius. تُعد هذه الزعقوقيات خنافس قوية ذات

الشكل رقم (5)

مراحل حياة خنفساء الصبّار طويلة القرون (Moneilema):
(أ) بالغة،
(ب) بيضة،
(ج) يرقة
(د) خادرة.

لون أسود لامع؛ وبينها أيضاً أنواع من ذوات الأجنحة المغمدة وذوات مقدم صدر بعلامات بيضاء غير منتظمة. يتراوح طولها بين 15 - 25 ميلمتر (وتكون الذكور أصغر من الإناث)، وتكون قرون الاستشعار أطول من نصف جسم الحشرة (الشكلان رقم 1أ ورقم 5أ). تكون اليرقة بيضاء ويكون كل قسم بها مغضنا للغاية بامتداد الجسم؛ ويتراوح طولها من 15 إلى أكثر من 40 ميلمتر؛ ويكون الرأس أسود اللون (الشكلان رقم 5أ و 5ج).

خنفساء الصبّار طويلة القرون (Moneilema) حشرة ليلية لا تطير؛ لكنها تنشط في الصباح أيضاً في الأيام الغائمة. وتعيش الحشرة البالغة لعدة شهور وتوجد من آذار/ مارس حتى تشرين الثاني/ نوفمبر. يتم وضع البيض بشكل مفرد ولصقه بسطح الأقسام الناضجة، وفي الشقوق ومقابل اللوح أو دون مستوى سطح الأرض (مان، 1969).

تصيب اليرقات اللوح الرئيسي والفواصل الأكبر من الصبّار، فتنشئ دهاليز مملوءة بإفرازات غزيرة سرعان ما تصبح سوداء اللون. تنجذب الحشرات الرامية إلى مناطق التغذية وتساعد على انتشارها. وتتحرك اليرقات إلى حدٍ بعيد داخل نباتات الصبّار، وعادة في اتجاه الأسفل، وينتهي بها الحال في قاعدة الألواح في البساتين المزروعة حديثاً. تتغذى الحشرات البالغة، من ناحية أخرى، سطحياً من خلال قضم حواف الأوراق المتكونة حديثاً وأحيانا الثمار (الشكلان رقم (1أ) ورقم (5أ).

يمثل طور البلوغ هدف المكافحة، لأنه من الصعب تحديد أماكن اليرقات ومكافحتها داخل النباتات.

البقّ الماص للنبات

يوجد عدد قليل للغاية من المتغذيات السطحية للصبّار ذات أجزاء فموية تقوم بالقضم أو المضغ – وربما يكون ذلك بسبب عدم وجود أوراق حقيقية على نبات الصبّار (دود، 1940). يعد البقّ كريه الرائحة والحشرة القرمزية والتربس والحشرات القشرية من الحشرات الأكثر شيوعاً. إن بقّ الكوريد من نوع Chelinidea وNarnia وكذلك البقّ الأحمر ميريد Hesperolabops من الأمثلة الشائعة للبقّ الماص.

تشكّل هذه الحشرات خطراً أقل على الصبّار بالمقارنة مع حرشفيات الأجنحة أو السوس أو الخنافس طويلة القرون أو الحشرة القرمزية؛ ومن النادر جداً أن تؤدي أنشطة التغذية الخاصة بها إلى تدمير نبات الصبّار. يعدّ الضرر الأكثر شيوعاً من وجهة نظر المزارعين هو انخفاض جودة الثمار. تعتبر حشرة Hesperolabops الأكثر اتهاماً بالتسبّب في هذا الضرر، لأنها تصل إلى تجمع ذي نطاق أوسع وتتغذى على الألواح والثمار على حد سواء (حشرة Narnia تتغذى على الثمار أيضاً) ومن الصعب السيطرة عليها.

لدى طور البلوغ من حشرة بقّ الصبّار الرمادية، Chelinidea tabulata Burmeister، يصبح جسمها بنياً أخضر، وتكون الحشرات الفاقسة حديثاً في الطور المرحلي الأول سوداء، وتصبح خضراء فاتحة عندما تتقدم في العمر؛ ويتراوح طول الحشرات البالغة بين 13 - 15 ميليمتر (الشكلان رقم 6أ ورقم 6ج). تكون حشرة بقّ ثمار الصبّار (Narnia femorata Stål) ذات لون أرجواني داكن مائل إلى السواد كحشرة بالغة؛ وتكون هزيلة وأصغر من حشرة بقّ الصبّار الرمادية؛ تكون الحشرة في أطوارها غير البالغة رمادية داكنة ذات مناطق صفراء باهتة على قرن الاستشعار والصدر والأرجل (الشكلان رقم 6 د رقم 6ف). يكون لبقّ الصبّار الأحمر (Hesperolabops gelastops Kirkaldi) في طور البلوغ

الشكل رقم (6)

مراحل حياة حشرات البقّ الماصة لنبات الصبّار :
(أ) حشرة بالغة (Chelinidea tabulata) بالغة،
(ب) بيض
(ج) مرحلة غير بالغة ؛
(د) حشرة (Narnia femorata) بالغة،
(ه) بيض،
(و) غير بالغة ،
(ز) التلف اللاحق بثمار الصبّار؛
(ح) حشرة (Hesperolabops gelastops) بالغة،
(ط) طور مرحلي أول،
(ي) وطور مرحلي متقدم.

رأس ومقدم صدر أحمر، في حين يكون الجزء المتبقي من الجسم بلون دخاني ذي شريط أصفر باهت على حافة الصدر والبطن (الشكل رقم 6ح)؛ فهي حشرة بقّ صغيرة يتراوح طولها بين ستة وثمانية ميليمتر.

تكون الحشرات الفاقسة حديثاً حمراء تماماً (الشكل رقم 6ط)، وهي تحافظ على لونها حتى ولو تقدمت في العمر، وكذلك يكون لون الشريط الباهت حول أجسامها؛ تكون وسائد الأجنحة رمادية اللون (الشكل رقم 6ي). تضع كل من حشرة Chelinidea وحشرة Narnia العديد من البيض في صفوف متجاورة على طول شوكة الألواح (الشكل رقم 6) (مينا كوفاروبياس، 2013). تُدخل حشرة Hesperolabops بيضها تحت طبقة الأدمة الخارجية بلوح الصبّار، ويكون الوصاد بالقرب من الأدمة الخارجية (بالومارز بيريز، 2011). تبلغ فترات التطور للبيضة والأطوار غير البالغة، على التوالي: 21 يوماً و56 يوماً لحشرة C. tabulata (برايلوفسكي وآخرون، 1994)؛ و13 يوماً و67 يوماً لحشرة N. femorata (فيسيلس وآخرون، 2013)؛ و269 يوماً و36 يوماً لحشرة H. nigriceps Reuter (بالومارز بيريز، 2011). تتواجد كل من أطوار البلوغ والأطوار غير البالغة جماعية بدرجات مختلفة في بستان الصبّار على مدار السنة؛ حيث تتحرك في ذات الوقت على النبات، باحثة عن الجزء المقابل، كما لو أنها تحاول الاختباء من الملاحظين.

تتغذى كل من أطوار البلوغ والأطوار غير البالغة لحشرات البقّ الماصة لنبات الصبّار من خلال ثقب الألواح والفواصل والثمار؛ فهي تترك منطقة دائرية صفراء باهتة مميزة حول كل ثقب تغذية، وبالتالي يعتري المناطق المصابة مظهر مبقع (الشكل رقم 1هـ). يمكن أن تتسبب التجمعات الكثيفة في جعل الألواح تبدو صفراء وشاحبة اللون، وخاصة في البساتين المزروعة حديثاً. يسفر تلف الثمار الناتج عن حشرة Narnia عن منطقة إسفنجية لبية على كل موقع تغذية (الشكل رقم 6ز)؛ في حين تكون البقعة أقل عصارة وسكرية، وتكون صغيرة وسطحية، ولا يكتشفها الشخص العادي. من ناحية أخرى، تمنع التجمعات الكبيرة من حشرة بقّ الصبّار الأحمر النسيج الخارجي للثمرة من الوصول إلى لونه الطبيعي، وتخفض المحتوى السكري، وهو الأمر الذي يؤثر على سعر المنتج. بالإضافة إلى ذلك، ترتبط حشرة بقّ الصبّار الأحمر بمرض cacarizo، وهو مرض يؤثر في الصنف المزروع Reyna في المرتفعات المكسيكية، ويغطي أنسجة الأدمة الخارجية للألواح بنفطات (بالومارز بيريز، 2011)، الأمر الذي يخفض من إنتاجية البستان بشكل كبير.

تنصب أهداف مكافحة حشرات البقّ الماصة للصبّار على الحشرات الفردية البالغة وغير البالغة، لأنها كلها متغذيات خارجية؛ وتكون الحشرات الفاقسة حديثاً أكثر عرضة للتأثر بمفعول عوامل المكافحة.

آفات حشريّة أخرى للصبّار

يوجد عدد صغير من أنواع الذباب التي تتغذى على نباتات الصبّار. وتعد ذبابة Asphondylia هي الأكثر أهمية حيث إنها تتغذى على بذوره ، في حين تعيش ذبابة Mayetiola وذبابة Mayetiola وذبابة Lonchaea وذبابة Dasiops في الألواح وتتسبب بتلف بسيط (Mann, 1969). يتم أحيانا الإبلاغ عن ذباب الثمار بوصفها آفات حشرية في جميع أنحاء العالم، وخاصة في منطقة البحر الأبيض المتوسط (زيمرمان وغراناتا، 2002). توجد التربسات عادة في بساتين الصبّار، وخاصة الترسبات من نوع Neohydatothrips opuntiae ؛ فهي تدمر قشرة الألواح الرقيقة والثمار الصغيرة في وقت مبكر من نموها.

أخيراً، تتغذى الحشرات القشرية – حشرة الصبّار القشرية المسلحة (Diaspis echinocacti) وحشرة قوقعة المحار القشرية (Lepidosaphes spp.)-خارجيا على ألواح الصبّار؛ ويقتصر وجودها على عدد قليل من النباتات في كل بستان، ولا تظهر خطورتها إلا إذا تم القضاء على أعدائها الطبيعيين باستخدام مبيدات حشرية واسعة النطاق.

الإدارة المتكاملة للآفات الحشريّة على الصبّار

تمثل المكافحة المتكاملة للآفات استراتيجية للسيطرة على الآفات باستخدام مجموعة كاملة من أساليب السّيطرة. من أجل تقليص تجمع الآفات بأقصى قدر، يتطلب الأمر معرفة شاملة ببيئة وبيولوجيا كل نوع من الآفات الحشرية وأعدائها الطبيعيين. في ما يلي وصف ممارسات المكافحة المتكاملة للآفات الرئيسية في بساتين الصبّار :

التقليم

تتضمن صيانة البساتين التقليم السنوي، وهو الأمر الذي يمكنه أن يؤثر في تجمع الآفات الحشرية بثلاث طرق مهمة (مينا كوفاروبياس، 2011، 2012):

• توفر الظلال الكثيفة فرصاً كثيرة لبقاء الحشرات على قيد الحياة خلال الشتاء، كما تخفض من كفاءة الرش. من أجل تحسين فوائد التقليم، يجب إبقاء تداخل الألواح عند أدنى حد ممكن .

• يتيح التقليم في الشتاء فرصة للتخلص التام من السّوسة ذات الخلية الإضافية وسوسة ثقوب الرصاص وحفار ألواح الصبّار Marmara opuntiella Busck من البستان والقضاء عليها، بالإضافة إلى ألواح السنة الأولى المصابة . وتتحسن فعالية هذه الممارسة إذا أجراها العديد من المزارعين في الوقت ذاته، وينبغي أن تشمل هذه العملية الصبّار البري أيضاً.

• من أجل تحسين التأثيرات الإيجابية للتقليم، يجب عدم ترك أية مخلفات على أرض البستان. وتكون مخلفات التقليم ملجأ محتملاً لنمو وتكاثر الحشرات القرمزية وسوس الصبّار والخنافس طويلة القرون وحفاراته فواصل ألواحه .

المكافحة عند التفقيس

من أجل مكافحة اليرقات الفاقسة حديثاً للحشرات حرشفيات الأجنحة، يكون من الضروري استهدافها فور تفقيسها، فبمجرد دخول اليرقات إلى نسيج الصبّار، لا تعود السيطرة الخارجية عليها ممكنة. بناءً على ذلك، فمن

المهم مراقبة طور البلوغ (العثث) وتحديد ذروات التجمعات. فلقد تم ابتكار روائح جاذبة لاصطياد ذكور عث الصبّار (هيث وآخرون، 2006). يمكن سحب عينات من أنواع العث الأخرى باستخدام مصائد خفيفة في سبتمبر/ أيلول وأكتوبر/ تشرين الأول (دودة الصبّار البيضاء) وأبريل/ نيسان ويونيو/ حزيران، وسبتمبر/ أيلول ونوفمبر / تشرين الثاني (دودة الصبّار المخططة) وعلى مدار السنة (حفار فواصل أوراق الصبّار) (مينا كوفاروبياس، 2011، 2012).

من ناحية أخرى، لا يتغذى الطور البالغ من حشرة Cactoblastis وحشرة Olycella وحشرة Melitara (مان، 1969)، وبالتالي فإنه لا يمكن استخدام مصائد الطعام لاصطيادها أو مراقبتها.

الاصطياد المكثّف

يمكن إجراء عمليات اصطياد مكثّف لسوس الصبّار لأن الذكور تطلق روائح جاذبة لكلٍ من الإناث والذكور، وخاصة إذا كانت المصائد موضوعة على الألواح (تافويا، 2006). إن سوس الصبّار والخنافس طويلة القرون وسوس ثقوب الرصاص خنافس لا تطير ويمكن السيطرة عليها بواسطة الالتقاط بالأيدي، خاصة إذا كانت المنطقة المصابة بالاحتشار محددة والنشاط متركز فيها. وفي ما يتعلق بالخنافس طويلة القرون وسوس ثقوب الرصاص، ينبغي مكافحتها في الفجر والغسق لأنها حشرات ليلية؛ ومن ناحية أخرى، تكون للحشرات البالغة بصمة تغذية نمطية (الأشكال رقم 1أ ورقم 4م ورقم 5أ) ، وبقدوم النهار يصبح من الممكن تحديد أي من نباتات الصبّار قد أصيبت في الليلة السابقة.

المكافحة البيولوجية

تعدّ المكافحة البيولوجية عنصراً رئيسياً لمكافحة الآفات الحشرية. في حالة الآفات الحشرية للصبّار، يكمن سر المكافحة البيولوجية الفعّالة على الحفاظ على وجود الأعداء الطبيعيين في البساتين، وهذا يتطلب ما يلي:

• تحديد الحشرات النافعة؛

• توفير مصادر غذاء بديلة لطور البلوغ، وعلى وجه التحديد غبار الطلع ونباتات الرحيق حول البستان؛

• عدم رش مبيدات حشرات واسعة النطاق (مينا كوفاروبياس، 2014).

يمكن أيضاً تنفيذ مكافحة بيولوجية من خلال التكاثر باستخدام فطريات تسبب المرض للحشرات (على سبيل المثال، البوفيرية Beauveria bassiana) لمكافحة الحشرات مثل دودة الصّبّار البيضاء (لوزانو غوتيرريز وإسبانيا لونا، 2008). يتمثل التحدي في كيفية وضع عامل المكافحة بشكل يلامس الحشرة المستهدفة، نظراً إلى أن معظم الآفات الحشرية للصبّار متغذيات داخلية وتقضي معظم دورة حياتها داخل أنسجته.

المكافحة الكيميائية

لا يُسمح باستخدام سوى عدد محدود من المبيدات الحشرية التقليدية للمكافحة الكيميائية على نباتات الصبّار. ومع ذلك، تتوافر المبيدات الحشرية العضوية – مثل نبات pyrethrum و diatomaceous earth و Bacillus thuringiensis و Neem و الصابون المبيد للحشرات – بحيث يمثل نماذج من بدائل عضوية للمبيدات الكيميائية من أجل مكافحة الحشرات. لذا يلزم إجراء المزيد من البحوث حول المساحة التي يغطيها الرش وسرعة تأثير القطيرات من أجل تحسين مكافحة الآفات في نباتات الصبّار.

12

معالجة الثمار والألواح والبذور واستخدامها

Carmen Sáenz
قسم الصناعة الزراعية وعلم صناعة الخمور،
كلية العلوم الزراعية، جامعة تشيلي، سانتياغو، تشيلي

12 معالجة الثمار والألواح والبذور واستخدامها

مقدمة

ذات يوم أطلق كاتب صقلّي على الصبّار اسم «كنز تحت الأشواك» نظراً لفوائده الهائلة، والتي لم يكن يُعرف في السابق سوى القليل منها.

من التقليدي في العديد من البلدان – الأرجنتين وتشيلي وبيرو وبوليفيا وجنوب أفريقيا ومصر وتركيا وإثيوبيا وإريتريا وبلدان أخرى في جنوب أمريكا وحوض البحر المتوسط –أن يكون الصبّار من النوع الذي يؤكل. ومن ناحية أخرى، تستهلك الألواح الرقيقة في المكسيك بالإضافة إلى الثمرة (ألواح nopalitos). لكن الثمار والألواح عرضة للتلف وتوجد حاجة إلى تقنيات معالجة لزيادة مدة تخزينها. علاوة على ذلك، تحتوي الثمار والألواح على العديد من المركبات النشطة حيوياً التي يتعين الحفاظ عليها أثناء المعالجة لكي يتسنى للمستهلكين أن يجنوا فوائدها كاملة. حيث إنّ الصبّار يعد بمثابة ثمرة متعددة الأغراض، ويمكن استخلاص مجموعة واسعة من المنتجات والمنتجات الثانوية منها. وينطبق الأمر ذاته على الألواح. كما أفاد سينز وآخرون (الطبعات 2006، 2013) بوجود بدائل عديدة لمعالجة الثمار والألواح. ويورد هذا الفصل التطورات الحديثة في هذا المجال.

التركيبة الكيميائية والمركّبات المنشّطة حيويا

قبل معالجة أية مادّة خام، من الضّروري فهم تركيبتها الكيميائية النباتية، وكذلك أية خصائص تقنية تتعلق بالعمليّة الصّناعية. فيما يتعلق بالصبّار، ثمة حاجة إلى معلومات حول التركيبة الكيميائية للثمار والبذور والألواح. إضافة إلى ذلك، توجد حاجة إلى فهم شامل للمركّبات المنشّطة حيوياً لهذه الأجزاء من الصبّار وأنشطتها وفوائدها الصحية ذات الصلة.

كان هناك العديد من البحوث حول التركيبة الكيميائية للأجزاء الصّالحة للأكل من الثمرة من النباتات التي تنمو في أجزاء مختلفة من العالم، بما في ذلك مصر والمملكة العربية السعودية والمكسيك وتشيلي والأرجنتين. تتوافر معلومات مستفيضة فيما يتعلق بتكوين البذور واستخداماتها كمصدر للزيت والألياف والبروتين، وعلى وجه التحديد التحليل المفصل لسينز وآخرين، (2006). يعرض هذا الفصل أحدث المعلومات حول هذا الموضوع.

ضمن جنس Opuntia ، يعدّ النوع الأكثر زراعة هو الصبّار Opuntia ficus-indica، والذي يتميز بثمرة حلوة المذاق وكثيرة العصارة ولب بألوان مختلفة: أبيض به اخضرار أو أصفر، أو برتقالي، أو أحمر أو أرجواني. تتفاوت نسبة اللب في الثمار وتكون القشرة بصفة عامة رقيقة. يكون للأنواع الملونة (الشكل رقم 1) استخدام مزدوج: إنتاج مواد ملونة طبيعية (بيتالاين)؛ وتوفير فوائد صحية بفضل خواصها المضادة للتأكسد (بوتيرا وآخرون، 2002؛ غالاتي وآخرون، 2003أ؛ كوتي، 2004؛ تيسوريرو وآخرون، 2005أ؛ ستينزينغ وآخرون، 2005؛ أزيريدو، 2009؛ فرناندیز لوبيز وآخرون، 2010).

إنّ المركبات المنشطة حيوياً الأخرى في الثمار هي فيتامين ج (C) والكارتنويدات والألياف الغذائية (موراليس وآخرون، 2009؛ سينز وآخرون، 2009، 2012أ). لدى محتوى مرتفع من الماء والألياف الغذائية والمعادن (بيمينتا باريوس، 1990؛ سينز وآخرون، 2006). تكون البذور غنية بالأحماض الدهنية الضرورية غير المشبعة المركّبة مثل حمض اللينوليك (إنوري وآخرون، 2005؛ أوزتشان وآل جهيمي، 2011).

يوجد اختلافات طفيفة في التركيبة الكيميائية لثمار الصبّار الملونة؛ في حين تتعلق الاختلافات الكبيرة بمحتوى الصبغة. يلخص الجدول رقم (1) نطاقات مركبات كيميائية وخصائص تقنية معينة،

الشكل رقم (1)

الأنواع البيئة الملونة من ثمار الصبّار

(أصناف الحديقة، محطة تجريبية في أنتومابو، جامعة تشيلي، سناتياغو)

(مصدر الصور: كارمين سينز وإيه إم فابري)

الجدول رقم (1) الخصائص الكيميائية والتقنية للبّ الصبّار من الثمار الملونة

المتغيرات	الصبّار الأخضر	الصبّار الأرجواني	الصبّار الأصفر البرتقالي
الرقم الهيدروجيني	7.1 - 5.3	6.2 - 5.9	6.3 - 6.2
الحمضية (% من حمض السيتريك)	0.18 - 0.01	0.04 - 0.03	0.57 - 0.55
المواد الصلبة القابلة للذوبان (بريكس°)	17 - 12	13.2 - 12.8	14.5 - 13.5
فيتامين ج (C) (مغم لكل 100 غرام)	41.0 - 4.6	31.5 - 20.0	28.0 - 24.1
البيتا كاروتين (مغم لكل 100 غرام)	0.53	–	2.28 - 0.85
اللوتين (ميكرو غرام لكل غرام)	26.0	0.15	0.04
بيتاسيانات (مغم كغم)	0.8 - 0.1	431.0 - 111.0	11.0 - 2.4
بيتازانثينات (مغم كغم)	3.1 - 0.4	195.8 - 89.4	76.3 - 16.0

المصدر: عسكر والسماحي، 1981؛ بيمينتا باريوس، 1990؛ سوايا وآخرون، 1983؛ سيبولفيدا وسينز، 1990؛ سينز وسيبولفيدا، 2001أ؛ سينز وآخرون، إدس، 2006؛ ستينتينغ وآخرون، 2005؛ هيرنانديز بيريز وآخرون، 2009ب؛ مورالس وآخرون، 2009؛ الغراس وآخرون، 2006؛ كوريا كايوبان وآخرون، 2011؛ سينز وفابري (بيانات غير منشورة).

بناءً على ما نشره عدة مؤلفين. تحتوي نباتات الصبّار الحمراء والأرجوانية والصفراء البرتقالية على بيتالاينات، في حين تحتوي نباتات الصبّار الحمراء والأرجوانية على بيتاسيانينات وتحتوي الصفراء البرتقالية على بيتازانثينات (ستينتينغ وآخرون، 2005؛ سينز وآخرون، 2012ب).

يمكن أن تختلف التركيبة الكيميائية بناء على عوامل مختلفة:

- منشأ النباتات (أي المناخ التي زُرعت فيه)؛
- العوامل الزراعية، مثل الزراعة والتسميد والري؛
- الاختلافات الوراثية (مونوز دي تشافيز وآخرون، 1995؛ أوتشوا، 2008).

إن الصبّار غني بالكالسيوم، على الرغم من أن كلاً من ماكون وناكاتا (2004) أفاد أن يكون التوافر الحيوي للكالسيوم قد يكون منخفضا، لأنه يوجد بوصفه أوكسالات كالسيوم، ويوفر محتوى البوتاسيوم العالي ومحتوى الصوديوم المنخفض فوائد غذائية واضحة للأشخاص الذين يعانون من مشاكل في الكلى وارتفاع ضغط الدم.

الخصائص التكنولوجية

الثمار

بالإضافة إلى التركيبة الكيميائية والمركبات المنشطة حيوياً، توجد خصائص عديدة أخرى يجب أخذها في الحسبان خلال المعالجة. بصفة عامة، تتسم ثمار الصبّار برقم هيدروجيني مرتفع (7.1-5.3) وبالتالي يتم تصنيفها كأغذية منخفضة الحمضية (الرقم الهيدروجيني يساوي أو يقل عن 4.5)؛ ويكون صبّار O. xoconostle هو الاستثناء حيث لديه نسبة حمضية أعلى (الرقم الهيدروجيني أعلى من 3.5) (مايورغا وآخرون، 1990). من المعروف جيدا أن درجات حرارة المعالجة الحرارية تعتمد على الرقم الهيدروجيني (كاسب وأبريل، 1999)، ولهذا السبب، عندما يتم بسترة الأطعمة غير الحمضية أو تعليبها - ما لم يتم خفض الرقم الهيدروجيني (من خلال إضافة حمض السيتريك على سبيل المثال) - تكون هناك حاجة إلى درجة حرارة أعلى لخفض النشاط الميكروبي إلى مستوى آمن مقارنة بمعالجة الأغذية الحمضية (الرقم الهيدروجيني أعلى من 4.5) يمكن أن تؤثر درجات الحرارة المرتفعة هذه (والتي تكون عادة أعلى من121 درجة مئوية) سلباً على السمات مثل المذاق واللون والرائحة. يشجع كلٍ من الرقم الهيدروجيني المرتفع وارتفاع محتوى المواد الصلبة القابلة للذوبان على نمو الكائنات الحية الدقيقة (سينز وسيبولفيدا، 1999؛ سينز، 2000)؛ وبناءً على ذلك، فمن المهم التحكم في درجة الحرارة خلال عمليات الحفظ.

من الناحية الحسية، يكون للثمرة الخضراء في بعض البلدان (على سبيل المثال، تشيلي) ملمس ومذاق (حلو) ونكهة أفضل من الأنواع الأرجوانية والبرتقالية والتي تكاد أن تشبه الدقيق. مع ذلك، تتسم الثمار الأرجوانية والحمراء والبرتقالية بإمكانية مرتفعة للمعالجة، لأن البيتالاينات الموجودة في الأنواع البيئية الملونة تكون مستقرة أكثر من الكلوروفيلات، فيما يتعلق بالرقم الهيدروجيني والحرارة (ميرين وآخرون، 1987؛ مونتيفيوري، 1990؛ كاستيلار وآخرون، 2003؛ سينز وسيبولفيدا، 2001أ؛ سينز وآخرون، 2012ب).

الألواح

يؤثر وجود الهلام النباتي والبكتين في الألواح في لزوجة بعض المنتجات، مثل المساحيق التي تمزج مع الماء أو العصير قبل الاستهلاك، حيث إنّ كلا المركبين هو جزء من الألياف الغذائية كما أنّ كلاً منهما غرواني مائي، معروف على قدرته على امتصاص الماء والاحتفاظ به. كما أنه يمكن تقطير هذه المواد واستخدامها لتكثيف المواد الغذائية (سينز وآخرون، 2003، 2004؛ سيبولفيدا وآخرون، 2003أ، 2007).

لقد سجل كل من بيمينتا باريوس (1990) وماكي دياز وآخرون (2015) التركيبة الكيميائية لألواح nopalitos . فكما هو الحال في الخضروات الأخرى، يوجد محتوى مرتفع من الماء والألياف. توجد البولي فينولات ويكون لها نشاط مضاد للتأكسد مهم في النظام الغذائي؛ أثناء الحفظ، ومع ذلك، يمكنها أن تتسبب في الاسمرار نتيجة للتأكسد (رودريجيز فيلكس، 2002).

لكن تتفاوت حمضية ألواح Nopalitos خلال اليوم – كنتيجة لأيض الحمض العصاري (كانتويل وآخرون، 1992) – ويجب اختيار الوقت الأمثل للحصاد حسب نوعية المعالجة .

البذور

تمثل البذور حوالي 15 في المائة من الجزء الصالح للأكل من الثمرة، ولها محتوى زيتي متفاوت (في المتوسط، 9.8 غرام لكل 100 غرام من البذور) (رمضان ومرسل، 2003أ).

يكون زيت البذور غنياً بالأحماض الدهنية غير المشبعة (سيبولفيدا وسينز، 1988؛ إنوري وآخرون، 2005؛ غازي وآخرون، 2013)؛ بناءً على ذلك، فهو يكون ذا أهمية للصناعات الصيدلانية والتجميلية، على سبيل المثال، في المغرب وتونس. نظراً للناتج المنخفض للزيت من البذور، فهو ليس اقتصادياً على المستوى التجاري أو جذاباً كزيت صالح للأكل. يتراوح وجود التوكوفيرول- المعترف بها كمواد طبيعية مضادة للأكسدة - من 3.9 إلى 50 في المائة. ذكر كل من ماثيوس وأوزكان (2011) وأوزكان والجهيمي (2011) أن الألياف والمعادن هي أيضاً مكونات مهمة في البذور، حيث تحتوي البذور على 12.5 في المائة من الألياف الخام وكميات مرتفعة من الكالسيوم والبوتاسيوم والفوسفور وكذلك معادن أخرى، كما أن محتوى البروتين المرتفع نسبياً (حوالي ستة في المائة) يعني أن بذور الصبّار هي مصدر للبروتين من أجل الاستهلاك البشري (تليلي وآخرون، 2011).

تقنيات المعالجة

يمكن استخدام مجموعة واسعة من تقنيات الحفظ التقليدية لثمار الصبّار والألواح والبذور، وقد تم وصف بعض التقنيات من قبل سينز وآخرين، (2006) ويورد هذا الفصل عدداً من التقنيات الأكثر ابتكاراً.

المنتجات المجفّفة

يعد النشاط المائي مقياساً «للماء الموجود» في غذاء ما، حيث يكون توافر الماء في أنسجة النبات متفاوتاً، ويتم التمييز بين «الماء الحر» و«الماء المرتبط». تعتمد نسب الماء الحر والماء المرتبط بشكل أساسي على التركيبة الغذائية، حيث يكون للمركّبات مثل الهيدروكولويد قدرة أعلى على الاحتفاظ بالماء، ويعدّ الهلام النباتي الموجود في ألواح الصبّار وثماره مثالًا للهيدروكولويد.

يمكن مكافحة النمو الميكروبي من خلال خفض النشاط المائي، ويكون الحد الأدنى للنشاط المائي من أجل النمو الميكروبي متفاوتاً. فوفقاً لروس (2007)، فهو يكون أعلى من 0.90 للبكتيريا، ويتراوح بين 0.90-0.87 للخميرة، ويتراوح بين 0.87-0.80 للعفن ويتراوح بين 0.65-0.60 للخمائر ذات الضغط الاسموزي.

تتضمن التقنيات المستخدمة لخفض النشاط المائي للحفاظ على الأغذية، التجفيف والتركيز والتجفيف بالتجميد (التجفيف في بيئة مجمدة)؛ وتجمع التقنية الأخيرة بين البرد وخفض النشاط المائي للتحكم في نمو الكائنات الحية الدقيقة.

منتجات الصبّار المجففة

يعد التجفيف واحداً من أقدم عمليات حفظ الطعام، ويمكن إجراؤه طبيعياً - التجفيف الشمسي – أو اصطناعياً من خلال استخدام أنفاق التجفيف أو إسطوانات التجفيف الدوّارة أو المجفّفات أو معدات الرش. تم مؤخراً تطوير أنظمة تسهل التحكم بالتجفيف بطريقة أفضل لإنتاج منتجات مجففة أكثر تجانساً وذات جودة أفضل.

فيما يتعلق بالصبّار، كان هناك العديد من الدراسات حول تجفيف الطبقات الرقيقة من اللبّ لإعداد منتجات طبيعية قابلة للمضغ، وهي تُعرف باسم «قوالب الثمار» أو «جلد الثمار» أو «عيدان الثمار» أو «لفائف الثمار» وتختلف في السماكة ومحتوى الرطوبة: تكون اللفائف أرق وذات رطوبة منخفضة، في حين تكون العيدان ذات محتوى رطوبة مرتفع (يوازي أو يتجاوز 20 في المائة). طورت جامعة تشيلي عملية تحويل يتم خلالها استخدام مزيج من لبّ الصبّار ولبّ السفرجل أو لبّ التفاح لإعداد لفائف الثمار. كما تُستخدم الأنواع البيئية الملونة لصناعة المنتجات ذات نكهة وملمس سائغين ومظهر جذاب (سيبولفيدا وآخرون، 2000، 2003ب) (الشكل رقم 3). يعرض الجدول رقم (2) خصائص منتجات معينة. تحتوي جميع المعالجات على:

- 75 في المائة من لبّ الصبّار؛
- 25 في المائة من لبّ التفاح؛
- كميات متفاوتة من السكروز (T1 و T2 =6 في المائة و T3=0 في المائة من السكروز و0.01 في المائة من السكرالوز)؛
- وكميات متفاوتة من بذور الكتان (T1= 0 في المائة و T2 و T3=1 في المائة.

يتراوح إجمالي محتوى الألياف الغذائية بين 14.1 و43.9 في المائة ؛ يتسم النمط البيئي الأرجواني بمحتوى ألياف مرتفع نتيجة لمحتواه المرتفع من اللبّ ، ويضاف السكرالوز (بدلا من السكر).

يوضح المخطط الوارد في الشكل رقم (2) الخطوات المتعددة لتصنيع لفائف الصبّار، ويوضح الشكل رقم (3) طريقة تحضير لبّ الصبّار ولبّ التفاح وكذلك الفرن المستخدم للتجفيف من أجل صنع اللفائف.

أعد السحامي وآخرون (2007أ) لفائف من الصبّار البرتقالي الأصفر؛ فقد اختبروا درجات حرارة تجفيف مختلفة (60 و70 درجة مئوية) ومستويات متعددة من نسب السكروز (0 و1 و2 و3 و4 و5 و10 في المائة). تم نشر اللب المعدّل سماكة تبلغ عشرة مليمترات وتجفيفه في فرن حراري هوائي لمدة 44 ساعة، وكانت النتيجة أن اللفائف المفضلة كانت تلك التي تم إعدادها باستخدام نسبة ما بين اثنان وثلاث في المائة من السكروز.

لا تحتوي المنتجات المجففة عادةً على مواد إضافية؛ فهي بالتالي «منتجات طبيعية»، يقبلها المستهلكون لأنها تعد آمنة.

لم تُستخدم هذه التقنية البسيطة على المستوى التجاري على حد علم المؤلف. وفي حين توجد شركات تقدم لفائف الفراولة والكرز والمشمش، فإن هذه المنتجات لا تكون دائما طبيعية مائة في المائة، وتكون عادة مصنوعة من معجون الصبّار المركّز ونكهات صناعية ومواد ملونة. يمكن تحسين جودة هذه المنتجات بسهولة باستخدام لبّ الصبّار الملون لتحضير منتج طبيعي وصحي أكثر.

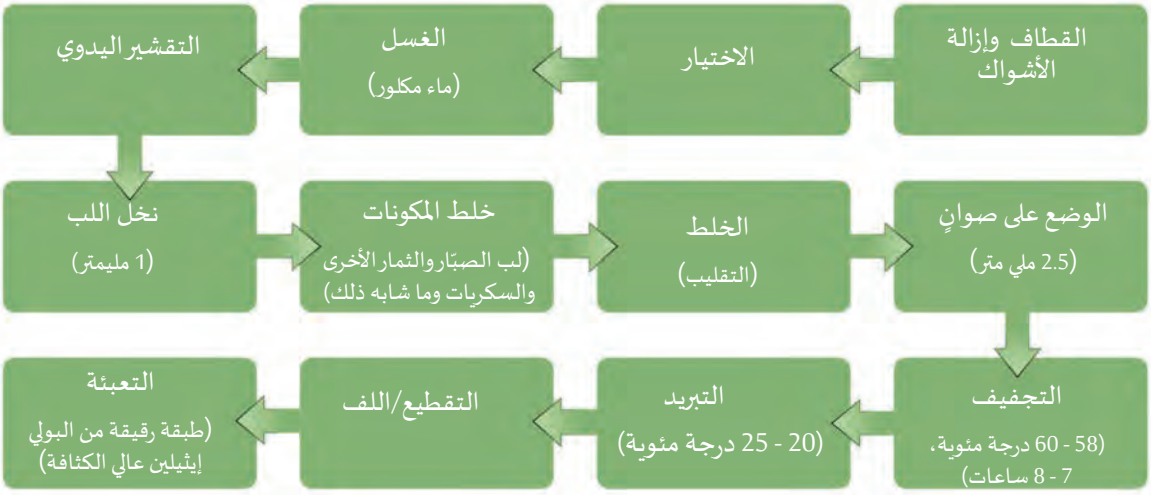
الجدول رقم (2) الألياف الغذائية وإجمالي المركبات الفينولية في لفائف الصبّار الملون المخلوط مع لب التفاح وبذور الكتان

المتغير/المعالجة	لفائف من لب الصبّار الأصفر البرتقالي		
	T1	T2	T3
إجمالي الألياف الغذائية (غرام لكل 100 غرام).	14.1 أ	24.3 ب	38.8 ج
إجمالي الفينولات (ملغم من معادلات حمض الجاليك (GAE) لكل كيلوغرام)	1445.3أ	1365.0أ	1640.1أ
	لفائف من لب الصبّار الأرجواني		
	T1	T2	T3
إجمالي الألياف الغذائية (غرام لكل 100 غرام).	20.2 أ	28.9 ب	43.9 ج
إجمالي الفينولات (ملغم من معادلات حمض الجاليك (GAE) لكل كيلوغرام)	1404.7 أ	1438.0ب	1846.0ب

[أ] GAE = معادل حمض جاليك

تختلف الأعداد المتوسطة التي تلي الحروف المختلفة عند مقدار P أقل من 0.05 . المصدر: سينز وآخرون، بيانات غير منشورة

يمكن تحسين جودة هذه المنتجات بسهولة باستخدام لب الصبّار الملون لتحضير منتج طبيعي وصحي أكثر.



الشكل رقم (2)

تحضير لفائف ثمار الصبّار (مقتبسة من سينز وآخرون، 2006)

الشكل رقم (3)

لب الصبّار والتفاح؛ صينية تجفيف كهربائي؛ لفائف من نمط بيئي ملون

(مصدر الصور: كارمين سينز وإم فابري).

منتجات الألواح المجففة

تختلف خيارات تجفيف الألواح عن تلك المتعلقة بثمار الصبّار، حيث إنه لا يتم تجفيف الألواح من أجل الاستهلاك المباشر، ولكن يتم تحويلها إلى مساحيق (سينز وآخرون، 2010) ذات نسبة مرتفعة من الألياف الغذائية، ويمكن استخدام هذه المساحيق لصنع الكعك (حيث يتم خلطها مع دقيق القمح) وحلوى البودنغ –وفي بعض البلدان، وعلى وجه التحديد المكسيك – حبوب الإفطار أو التورتيلا، كما يمكن استخدامها أيضا في إنتاج المكملات الغذائية (الكبسولات والأقراص وما شابه ذلك).

لاحظ رودريغيز غارسيا وآخرون (2007) أنه خلال نمو الألواح الصغيرة، تزداد الألياف غير القابلة للذوبان (من 29.87 في المائة في لوح يبلغ وزنه 60 غراما إلى 41.51 في المائة في لوح يبلغ وزنه 200 غرام)، في حين تنخفض الألياف القابلة للذوبان (من 25.22 إلى 14.91 في المائة على التوالي). حضر أيادي وآخرون (2009) مسحوقاً باستخدام ألواح الصبّار يتراوح عمرها بين سنتين وثلاث سنوات؛ وكان إجمالي الألياف الغذائية 51.24 في المائة، حيث كان 34.58 في المائة منها ألياف غير قابلة للذوبان و12.98 في المائة ألياف قابلة للذوبان.

يمكن أن يساهم هذا المسحوق غذائياً في منتجات غذائية عديدة من خلال زيادة الاستهلاك اليومي للألياف الغذائية. لكن إدراج مسحوق في الأغذية ينطوي على تحديات تقنية، حيث تحتاج بعض الجوانب المتعلقة بالمذاق والملمس إلى التحسين (سينز وآخرون، 2002ب، ج؛ أيادي وآخرون، 2009). على سبيل المثال، تؤدي المعالجات الحرارية إلى رائحة ونكهة عشبية، ويسبب الهلام النباتي الموجود في الألواح عيوباً في الملمس (سينز وآخرون، 2012أ). نتج عن بحث سينز وآخرون ألياف غذائية طبيعية نقية تتجاوز 80 غراماً لكل 100 غرام من إجمالي الألياف الغذائية، وما يتراوح بين 20 - 22 غراما لكل 100 غرام من الألياف الغذائية القابلة للذوبان، وهي واحدة من الألياف الأكثر ندرة في الخضروات. تؤدي التنقية إلى زيادة في إجمالي الألياف الغذائية وانخفاض في اللون الأخضر للمسحوق وانخفاض في إجمالي المركبات الفينولية، على وجه التحديد عندما يتم غسل الألواح في درجات حرارة مرتفعة. إن عملية التنقية هذه هي عملية واعدة ويمكن أن تؤدي إلى الانتشار الواسع لاستخدام مسحوق ألواح الصبّار كمادة مضافة غذائية، وخاصة في الأسواق حيث لا يكون المستهلكون على دراية بالنكهة العشبية للألواح، وبناءً على ذلك يكونون أقل تقبلاً لها. يلزم إجراء بحوث إضافية للحصول على مسحوق غني بالألياف الغذائية ذي نكهة ولون قليلين مع قدرة عالية على منع الأكسدة لاستخدامه كمكوّن في التركيبات الغذائية الجديدة.

مركزات الصبّار

تتضمن مجموعة المنتجات المركزة المشتقة من الصبّار الشراب المركز والمربيات والعصائر المركزة (سينز، 2000). طور موراليس وآخرون (2009) صلصة للحلوى (طبقة علوية) من الأنواع البيئية الملونة مع نتائج ممتازة، حيث تم الحفاظ على كلٍ من لونها الجذاب ودورها الوظيفي. تم استخدام التركيز الفراغي على مزيج لب الصبّار مع السكر (22.0-30.35 في المائة) وشراب الفركتوز المركز (13.75 - 22.0 في المائة) والجلوكوز (11.0 - 19.25 في المائة) وحمض السيتريك (0.14 في المائة) والنشاء المعدل (1.5 في المائة)، ويمكن استخدام هذه المكونات الجذابة في مجموعة من الأطباق المختلفة (الشكل رقم 4). يبين الجدول رقم (3) المركبات المنشطة حيوياً الموجودة في اثنتين من الطبقات العلوية الملونة.

تُصنع مجموعة كبيرة من الأغذية القائمة على الصبّار (سينز وآخرون، الطبعة 2006). تستخدم الشركات الإنترنت للترويج للطرق المختلفة لأكل منتجات الثمار والاستمتاع بها، حيث تعرض منتجات مركزة مثل المربيات والشراب المركز والحلوى. وتشير المعلومات المتاحة على الإنترنت إلى أن هذه الشركات هي في الأساس شركات حرفية صغيرة الحجم.

الشكل رقم (4)

طبقات علوية من الصبّار الملون على حلوى من اللبن. (مصدر الصور: كارمين سينز وإم موراليس)

الجدول رقم (3) المركبات المنشطة حيويا في الطبقات العلوية من الصبّار

المركب المنشط حيويا	الطبقة العلوية من الصبّار الأرجواني	الطبقة العلوية من الصبّار الأصفر البرتقالي
كاروتينيدات (ميكرو غرام لكل غرام)	0.001 ± 0.186	0.001 ± 0.021
إجمالي الفينولات (ملغم من معادلات حمض الجاليك (GAE) لكل ليتر)أ	15.25 ± 350.50	5.72 ± 131.48
البيتالاينات	1.83 ± 81.06	1.86 ± 63.80
بيتاسيانات (ملغم من BE لكل كيلوغرام)ب	1.03 ± 66.09	0.00 ± 0.92
بيتازانثينات (ملغم من IE لكل كيلوغرام)ج	1.53 ± 14.97	1.86 ± 62.88

أ GAE: معادل حمض جاليك؛ ب BE: معادل بيتانين؛ ج IE: معادل إنديكاثانثين (موراليس وآخرون، 2009).

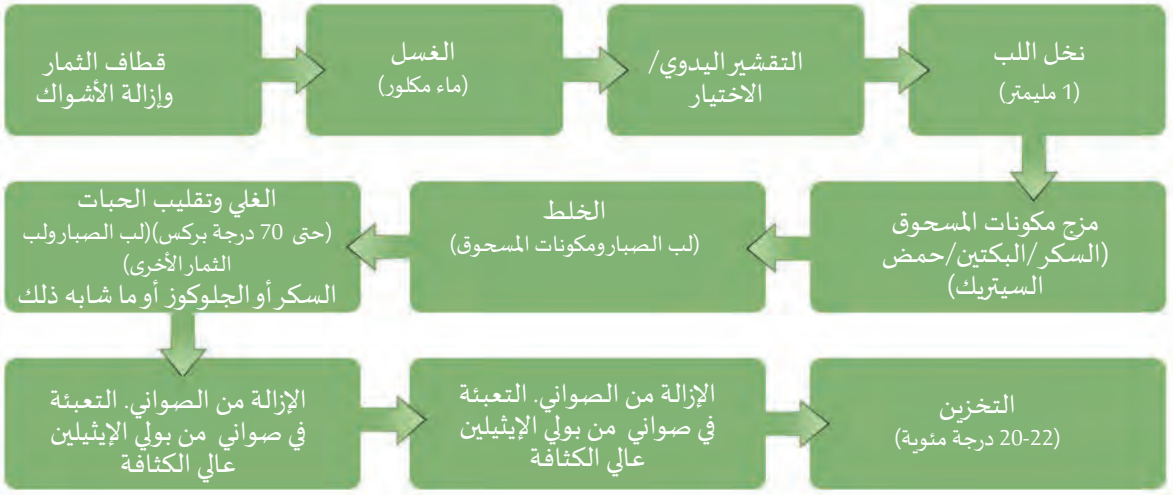
الهلامات السكرية من الصبّار

أدى بحث حديث أجرته مجموعة من المؤلفين في جامعة تشيلي إلى تطوير هلامات سكرية من الصبّار باستخدام لب من أنواع بيئية ملونة مختلفة لاستغلال الأصباغ الجذابة (سينزوفابري، بيانات غير منشورة). أثبتت هذه المنتجات – التي تم الحصول عليها بتبخير اللب وإضافة عوامل تهلم مثل البكتين – شعبية كبيرة لدى صغار المزارعين في المناطق القاحلة من تشيلي، حيث يوجد نقص ليس في الماء فحسب، بل في الطاقة الكهربائية أيضاً. تُصنع هذه الهلامات السكرية بطريقة سهلة، ما يتيح لصغار المزارعين إضافة قيمة للإنتاج الخاص بهم. يبين المخطط الوارد في الشكل رقم (5) المراحل المختلفة في إنتاج الهلامات السكرية من الصبّار.

تُصنع هذه الهلامات السكرية من الصبّار باستخدام:

- لب صبّار خالٍ من البذور (1.000 غرام)؛
- سكر (760 غرام)؛
- بكتين (52 غرام) – يمكن تجربة عامل تهلم آخر (على سبيل المثال، سليلوز الكربوكسي ميثيل – CMC) أو خليط من لب الثمار الغنية بالبكتين (على سبيل المثال، السفرجل)؛
- حمض السيتريك (16 غرام) – أو استبداله بعصير ليمون.

يبين الشكل رقم (6) الهلامات السكرية التي صنعها صغار المزارعين في قرية كودبا (أريكا وبارينكوتا، تشيلي) في ورشة عمل بقيادة مجموعة الباحثين. تقع القرية في كامارونيس، في منتصف صحراء تاراباكا في شمال تشيلي – وهي منطقة ذات محدودية في الماء والطاقة الكهربائية وحيث يُزرع الصبّار كمحصول بديل.



الشكل رقم (5)

إعداد الهلامات السكرية من الصبّار

الشكل رقم (6)

الحلويات الملونة من الصبّار المصنوعة في ورشة عمل شمال تشيلي (مصدر الصور: كارمن سينزوإيه إم فابري)

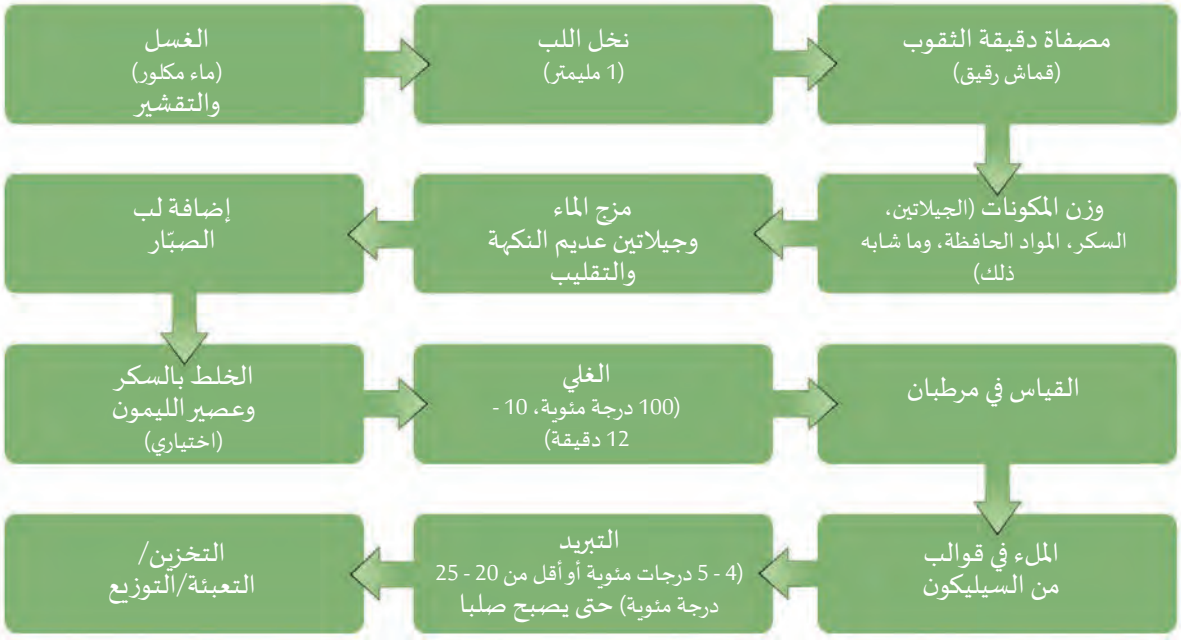
طورت سينزوفابري مؤخراً (بيانات غير منشورة) حلويات صمغية من لب الصبّار، حيث خلطوا لب مصفى دقيق (2.5 ليتر) بجيلاتين عديم النكهة (0.45 كيلوغرام) وماء (لتران) وسكر (1.5 كيلو غرام) (الشكل رقم 7).

اتسم المنتج النهائي بمظهر رائع وجذاب (الشكل رقم 8) وقبول حسي مرتفع. كانت متغيرات لون الحلويات الصمغية الأرجوانية هي L=5.6 و a*=30.0 و b*=9.0 و C*=31.3 ودرجة تدرج اللون hab= 16.6 المقابلة للون أرجواني داكن. وعلى الرغم من محتوى المواد الصلبة القابلة للذوبان الذي يبلغ 56.5 درجة بريكس، يظهر المنتج نشاطاً مائياً مرتفعاً (0.92).

لهذا السبب، ومن أجل ضمان مدة تخزين جيدة، يوصى باستخدام المواد الحافظة (على سبيل المثال، بنزوات الصوديوم وسوربات البوتاسيوم).

مربيات Nopalitos

يجمع تحضير المربيات بين المعالجات الحرارية وخفض النشاط المائي (والرقم الهيدروجيني أيضاً أحياناً للتمكن من إجراء معالجة حرارية أقل شدة). تتوافر مربيات وشرابات مركزة مختلفة في السوق في العديد من البلدان (سينزوآخرون، طبعة، 2006). تعتبر المربيات



الشكل رقم (7)

إعداد الحلويات الصمغية من الصبّار.

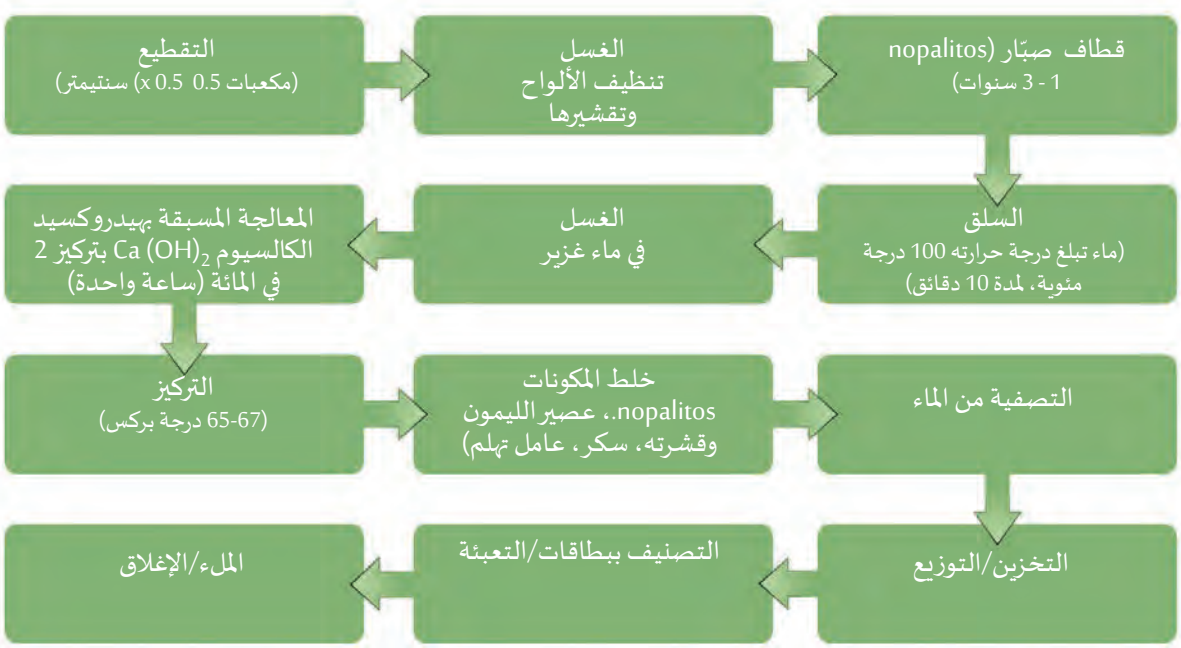
الشكل رقم (8)

حلويات صمغية مصنوعة من الصبّار الأرجواني والصبار الأصفر البرتقالي وخليط من كليهما (مصدر الصور: كارمين سينز وإيه إم فابري)

إحدى المنتجات المبتكرة، والتي تم نقل تقنية تصنيعها مؤخراً إلى صغار المزارعين في شمال تشيلي، هو مربى الألواح والليمون: مربى Nopalitos.

فمن أجل إزالة الهلام النباتي الزائد الذي يؤثر في الملمس، يتم معالجة الألواح مسبقا بهيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ ويمكن تجنب هذه المعالجة المسبقة إذا كان للألواح محتوى منخفض من الهلام النباتي. يصف المخطط الوارد في الشكل رقم (9) الخطوات التي ينطوي عليها إعداد مربى Nopalitos.

تمثل مربيات Nopalitos بديلاً جديداً لمعالجة الألواح، حيث يمكن أكل المربيات مع البسكويت الهش غير المحلى والمخبوزات أو يتم تقديمها مع اللحم والأطباق الأخرى (الشكل رقم 10).



الشكل رقم (9)

إعداد مربى Nopalitos (الألواح والليمون) (معدلة من سينزوآخرون، 2006)

الشكل رقم (10)

مربى الألواح والليمون (مصدر الصور: كارمين سينز وإيه إم فابري

عصائر الصبّار

أدت بسترة عصير الصبّار المصنوع من الثمرة الخضراء إلى نتائج غير مرضية، نتيجة للّون المنفّر والتغيرات في الرائحة التي تحدث خلال العملية. من ناحية أخرى، قد يمثل عصير الصبّار الأرجواني الممزوج بعصائر أخرى (على سبيل المثال، الأناناس) بديلاً مثيراً للاهتمام (سينزوسيبولفيدا، 2001أ). لكن تبقى الحمضية مشكلة محتملة: حيث تسهل إضافة حمض عضوي لزيادة الحمضية عملية التسخين، ولكن يمكنها أن تغير المذاق، في حين يفضل المستهلكون عادة عصائر الصبّار ذات الحمضية المماثلة للثمار الطازجة (سينز وسيبولفيدا، 1999). درس السماحي وآخرون (2007أ) إنتاج عصائر الصبّار المبسترة والمعقمة وتعديل الرقم الهيدروجيني وإضافة المواد الحافظة في بعض عمليات المعالجة (بنزوات الصوديوم)، ولوحظت تغيرات في اللون عند درجات الحرارة المرتفعة، ولكن تم تحقيق الاستقرار الميكروبيولوجي في المعالجات جميعها. أنتج بكوش وآخرون (2013) تركيبات مختلفة من مشروب الصبّار المصنوع باستخدام مصل اللبن؛ حيث تمت بسترته عند 80 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة، وتم تقييم الاستقرار الفيزيائي بعد 40 يوماً عند خمس درجات مئوية. لاحظ المؤلفون زيادة في الترسيب والتعكر (وحدة عكارة التكدر) خلال التخزين، وانخفاض في اللون، ومن المحتمل أن يكون ذلك نتيجة لتفاعل ميلارد.

صنع دي ويت وآخرون (2014) عصائر من ثمانية أصناف مزروعة من الصبّار ذات ألوان مختلفة: حيث كان واحد منها من الصنف المزروع 'O. robusta' (Robusta' أرجواني) وسبعة أصناف مزروعة أخرى هي 'Mexican' × 'Berg' وردي؛ و'Fusicaulis' أبيض به اخضرار؛ و'Meyers' أحمر؛ و'Algerian' أحمر، و'Santa Rosa' برتقالي؛ و"Skinners Court" أبيض به اخضرار؛ و'Morado' أبيض).

تمت بسترة العصائر (عند 60 درجة مئوية لمدة عشر دقائق). ذكر المؤلفون أنه كان للمعالجة الحرارية تأثير غير مناسب على نكهة العصير، وفيما يتعلق ببعض الأصناف المزروعة أي ('Santa Rosa')، أدت البسترة إلى جعل مذاق عصير الصبّار والشمام مراً ولاذعاً.

يعد مثالا على منتج تجاري، وهو مشروب مصنوع من مركز الصبّار الملون وماء ونكهة طبيعية، ويتوافر هذا المنتج في أسواق الولايات المتحدة الأمريكية، وتتم تعبئته في علبة رباعية الأضلاع يبلغ حجمها لتراً وتباع بمبلغ ست دولارات أمريكية تقريباً لكل ليتر.

عصائروعصارات الألواح

ذكر رودريجيز (1999) تركيبات متنوعة لمشروب مصنوع من الألواح الرقيقة، والتي تم سلقها عند 95 درجة مئوية وتمييعها وتصفيتها. من أجل أفضل النتائج، تم تخفيف السائل بنسبة 30 في المائة بالماء، وتم تعديل الرقم الهيدروجيني باستخدام حمض السيتريك (لكي يصل الرقم الهيدروجيني إلى 3.5)، وبعد ذلك استُخدمت مادة أسبارتام للتحلية (غرام واحد لكل 335 مليلتر). لقد تمت بسترة المنتج عند 76 درجة مئوية لمدة 15.2 دقيقة، مع فقدان طفيف للمواد الغذائية الحساسة للحرارة ومركبات أخرى.

شهدت السنوات الأخيرة زيادة في إمداد عصائر وعصارات الألواح، والتي تُباع في المكسيك بشكل رئيسي، وتكون عملية الحصول على عصير الألواح الطافية للصبّار هي كما يلي:

- إزالة الأشواك من الألواح؛
- تقطيع الألواح إلى قطع؛
- الطحن باستخدام معدات صناعية أو منزلية (خلاط)؛
- إضافة الماء لتسهيل العملية؛
- تصفية السائل لفصل المواد الصلبة.

تنتج شركات عديدة في المكسيك عصير الألواح، كما تُصنع العصائر المخلوطة أيضاً، وهي التي تجمع بين الألواح والبرتقال، أو الأناناس، أو الجوافة أو الكرفس؛ حيث تتوافر العصائر في السوق المحلي ومن أجل التصدير. إن إحدى المنتجات الأخرى التي تُباع في السوق المكسيكي هو «ماء Nopalitos»، وهو مشروب مصنوع بعصير ألواح الصبار والكرفس، وعادة يتم إنتاجه على نطاق صغير، وتتضمن المنتجات الأخرى مشروبات الألواح المركزة المصنوعة من قاعدة شراب سكروز (55 - 75 درجة بريكس) مع إضافة عصير الألواح. يوجد في تكساس (الولايات المتحدة الأمريكية) شركة تنتج شراب توت أسود وتوت بري مركز ذا هلام نباتي من الصبّار مضافاً إليه.

ألواح Nopalitos المعلبة (الألواح الرقيقة)

إن كلاً من التعليب والبسترة هي تقنيات مستخدمة على نطاق واسع في صناعة المنتجات المتنوعة من ألواح Nopalitos. ففي المكسيك، على سبيل المثال، كانت الألواح الرقيقة Nopalitos المخللة أو المملحة متوافرة في الأسواق لسنوات عديدة. (كوراليس غارسيا وفلوريس فالديز، 2003) وردت أوصاف تفصيلية لإعداد ألواح Nopalitos المنقوعة في ماء شديد الملوحة، من بين أمور أخرى، في سينز وآخرين، (2006).

المنتجات المجمدة

يُستخدم التجميد على نطاق واسع من أجل حفظ الأغذية، حيث إنه يسمح - أكثر من أي طريقة أخرى - بالحفاظ على المذاق، والملمس، والسمات الغذائية والوظيفية. تُستخدم التقنيات مثل أنفاق الهواء البارد (40 درجة مئوية تحت الصفر) أو رش نتروجين سائل (196 درجة مئوية تحت الصفر) على نطاق واسع في صناعة الأغذية لتحسين جودة المنتج النهائي. فكلما كان التجميد أسرع، كانت بلورات الثلج المشكلة أصغر، وبالتالي يتم تحقيق جودة أفضل للمنتج. يجمع التجميد بين تأثيرات درجة الحرارة المنخفضة (لا يمكن للكائنات الحية الدقيقة أن تنمو وتنخفض التفاعلات الكيميائية ويتم تأخير التفاعلات الأيضية الخلوية) مع انخفاض في النشاط المائي aw) (كاسب، 1999؛ فيبرا، 1996؛ ديلغادو وصن،2000).

لكن التجارب على الصبّار لم تسفر بعد عن نتائج جيدة (سينز وآخرون، 2006). تشير دراسات عديدة إلى أنه يمكن لتقنيات التجميد تحقيق نتائج أفضل مع لب الصبّار، بدلاً من الثمرة بأكملها أو نصفها أو شرائح منها. تظهر إذابة التجمد – بغض النظر عن نوع القطع (ثمرة بأكملها أو أنصاف أو شرائح من ثمرة) – بعض المشكلات، مع الإفراط في تنقيط الهلام النباتي بعد إذابة التجمد، ما يؤدي إلى مظهر غير سار، ويحدث هذا حتى عند استخدام تقنيات التجميد السريع الفردي (IQF)، والتي تنطوي على درجات حرارة تجميد قريبة من 40 درجة مئوية تحت الصفر.

يمكن إيجاد المثلجات المصنوعة من لب الصبّار الملون في عدد قليل جداً من البلدان، وقد تكون بديلاً مثيراً للاهتمام لاستخدام اللب أو المركزات. درس السماحي وآخرون (2009) المثلجات المصنوعة بإضافة لب الصبّار الأحمر المركز (30 درجة بريكس)؛ ولقد وجد أن إضافة 5 في المائة من اللب كانت الأكثر قبولاً، وتجري مجموعة البحث الخاصة بالمؤلف حالياً تجارب بهذا المنتج الجذاب.

تقنيات أخرى

التّخمير

يعدّ التخمير واحداً من أقدم تقنيات حفظ الأغذية، وقد تم استخدامه مع الصبّار للحصول على العديد من المنتجات. تم استخدام صبّار O. strep-tacantha وصبّار Cardona لإنتاج المشروبات الكحولية في المكسيك منذ فترة ما قبل الوجود الإسباني؛ فلقد كان أكثر مشروب تقليدي يصنع بعصير هذ النوع هو مشروب كولونشي (colonche) (كوراليس غارسيا وفلوريس فالديز، 2003؛ دياز، 2003).

أجرى فلوريس (1992) تجارب باستخدام صبّار O. streptacantha وصبّار O. robusta لصناعة نبيذ وكحول مقطر. لقد تم الحصول على نبيذ يبلغ 11.6 درجة غي لوساك من مركز العصير (20 درجة بريكس) باستخدام صبّار O. streptacantha؛ في حين وصل الكحول المقطر إلى 56.2 درجة غي لوساك. أنتجت نوعيتا الصبّار كحولاً ذا خصائص متماثلة ورائحة فاكهة سائغة.

يعدّ الخل منتجاً آخر ذا إمكانات مثيرة للاهتمام وبعض تجارب تصنيعه جديرة بالملاحظة. أعد بيريز وآخرون (1999) خلاً من الصبّار البرتقالي باستخدام نوعين من الركائز من أجل التخمير الخلي: يجب إجراء هذا مع التخمير الكحولي السابق (13.5 درجة غي لوساك) وعصير الصبّار ذي سكر مضاف إليه (22 درجة بريكس). تم استخدام الخلالة الباستورية (Aceto-bacter pasteurianus) في الحالة الأولى، وتم استخدام الخلالة الزيلينيوم

(Acetobacter xylinum) في الحالة الثانية. أظهر كلا نوعي الخل اللذين تم الحصول عليهما لوناً أصفر كهرمانياً شديداً، نظيفاً وناصعاً، مع رائحة حمض أسيتيك طازجة.

درس بريتو وآخرون (2009) تطور الخلول من النوع البلسمي من عصائر الصبّار الملون؛ حيث كان للمنتجات لون جذاب ورائحة طيبة وقبول حسي جيد (الشكل رقم 11).

تقنيات الغشاء

لقد استُخدمت تقنيات الفصل باالغشاء بشكل متزايد في صناعة الأغذية في الخمسة والعشرين سنة الأخيرة. لقد أصبح استخدامها اليوم منتشراً على نطاق واسع ومعتمداً لمجموعة من الأغراض، بما في ذلك البسترة الباردة وتصفية العصيروتركيز المركبات المنشطة حيوياً (سيسي وآخرون، 2011؛ راي وآخرون، 2006؛ توديسكو وآخرون، 2002). تتسم تقنيات الفصل بالغشاء بمزايا عن تقنيات الفصل الأخرى (الترشيح والتركيز التقليديان):

- التشغيل في درجات حرارة منخفضة (35-15 درجة مئوية) – وبالتالي تكون ميسورة التكلفة (استهلاك منخفض من الطاقة) وتجنب تدهور المركبات الحساسة للحرارة.
- عدم استخدام المواد الكيميائية (المواد المساعدة على الترشيح أو الإنزيمات) – على عكس التصفية أو الفصل التقليدي (كاسانو وآخرون، 2010).

في تقنيات الفصل بالغشاء، يعمل الغشاء (الخزف أو البوليمر) كحاجز: حيث يسمح لمكونات معينة فحسب في الخليط بالمرور ويحتفظ بالمكونات الأخرى، ويتم تحديد تدفق هذه المواد من خلال عوامل دفع متنوعة، بما في ذلك: الضغط والتركيزوالجهد الكهربائي. تعني هذه الانتقائية -على سبيل المثال- أنه من الممكن مضاعفة تدفق واحدأو أكثرمن العناصر الموجودة في الغذاء. ينبعث تدفقان من المادة وهما: المادة النافذة (أو المادة المصفاة) والمادة المحتفظ بها (أو الركازة). تحتوي المادة المحتفظ بها على مواد لا تمرمن خلال الغشاء، في حين تكون المادة النافذة غنية بالعناصر التي تمرمن خلاله (رافنتوس، 2005)، وتعتمد الانتقائية على حجم المسام في الغشاء والألفة الكيميائية بين الغشاء والمواد (شيريان، 1998؛ رافنتوس، 2005).

تتضمن عمليات تقنيات الأغشية المستخدمة في صناعة الأغذية: الترشيح الدقيق والترشيح الفائق والترشيح النانوي والتناضح العكسي، ويُعرف التناضح العكسي بفعاليته في تحلية ماء البحر.

ركز البحث الأولي حول عصير الصبّار على استخدام الترشيح الدقيق والترشيح الفائق– وهي الطرق المستخدمة عادة في تصفية العصائر–. أجرى كاسانووآخرون (2007) تجارب على صنف الصبّار المزروع 'Gialla' (الأصفر البرتقالي)، وجمعوا بين تقنيات الأغشية والتركيزمن خلال التقطيرالتناضحي؛ فلقد استخدموا درجات حرارة منخفضة، وحافظوا على الخصائص المذاقية والغذائية والحسية لعصيرالصبّار. أدت عملية التركيزمن خلال التقطيرالتناضحي في 61 درجة بريكس إلى توازن جيد للبيتالاينات.

قارن كاسانو وآخرون (2010) لاحقا بين أداء الترشيح الدقيق والترشيح الفائق في التركيبة الفيزيائية الكيميائية لعصير الصبّار الأصفر. في كلتا العمليتين، أُزيلت المواد الصلبة العالقة في العصير الطازج تماماً وتم الحصول على عصير مصفى، وتم الاحتفاظ بالبيتاسيانينات. يمكن بسترة هذه المادة المحتفظ بها الغنية بالبيتالاينات وإضافتها إلى مركز العصيرلإعداد - على سبيل المثال - عصائرلبية أومثلجات أوالجيلي أوحليب الرضع (كاسانووآخرون، 2010).

استخدم فريق البحث المشكل من مؤلفين هذا الفصل مؤخرا هذه التقنية لفصل أو تركيز البيتالاينات من الترشيح الدقيق والترشيح الفائق والترشيح النانوي للصبّار الأرجواني (كانسينو، روبرت وسينز، بيانات غير منشورة). فبفضل تجنب درجات الحرارة المرتفعة لم يحدث تدهور للأصباغ، وكانت مستخلصات البيتالاين التي تم الحصول عليها خالية من الهلام النباتي، ولها محتوى منخفض من السكريات الجزيئية المنخفضة. يبين الشكل رقم (4) خصائص لب الصبّار الأرجواني: مخفف مسبقا ومرشح بشكل فائق ومرشح باستخدام تقنية النانو. كانت المستخلصات المرشحة بشكل فائق والمرشحة باستخدام تقنية النانو - على النحو المتوقع - محاليل مصفاة تماما (0 وحدة عكورة تكدر)، مقارنة باللب المخفف مسبقاً (2453 وحدة عكورة تكدر)، والذي احتوى على الهلام النباتي. في الترشيح الفائق، كان محتوى البيتاسيانين (247.9 ملغرام من معادل بيتانين لكل ليتر) مماثل لذلك في اللب المخفف مسبقا ؛ مع ذلك، في الترشيح النانوي، كانت قيم البيتاسيانين (216.3 ملغرام من معادل بيتانين لكل ليتر) أقل من تلك الواردة في اللب المخفف مسبقا والترشيح الفائق مع أخذ في الحسبان أنه يتم تخفيف اللب (المادة الملقمة).

حصل كاسانو وآخرون (2010) على أعلى قيم من البيتالاين باستخدام الترشيح الفائق) 32.8 ملغرام من معادل البيتانين لكل ليتر). تركز محتوى البوليفينول في كلا عمليتي الأغشية (الترشيح الفائق والترشيح النانوي). أبلغ كاسانووآخرون (2010) – باستخدام الترشيح الفائق على الصنف المزروع من الصبّار جيالا 'Gialla' وباستخدام أغذية أخرى وظروف عملية – عن قيم أقل لإجمالي البوليفينولات (552.17 ملغرام من معادل حمض الجاليك لكل ليتر).

الشكل رقم (11)

خل من نوع بلسمي من عصائر الصبّار الملون (مصدر الصورة: كارمين سينز)

الجدول رقم (4) الخصائص الفيزيائية والكيميائية للب المخفف مسبقاً والمستخلص المرشح بشكل فائق والمستخلص المرشح بتقنية النانو من الصبّار الأرجواني

المتغير	P	UF	NF
إجمالي السكريات (٪)	13.2 ± 0.0 ب	9.2 ± 0.3 ج	17.5 ± 0.1 أ
التعكر (وحدة عكورة التكدر (NTU))	2453 ± 64 أ	0.00 ± 0.00 ب	0.00 ± 0.00 ب
بيتاسيانينات (ملغم من معادل البيتانين لكل ليتر)	254.0 ± 0.2 أ	247.9 ± 4.3 أ	216.3 ± 7.0 ب
بيتازانثينات (ملغم من معادل إنديكاثانثين لكل ليتر)	85.4 ± 0.1 ب	88.6 ± 1.2 أ	79.1 ± 2.6 ج
إجمالي الفينولات (ملغم من معادل حمض الجاليك (GAE) لكل ليتر)	534.8 ± 4.4 ب	659.7 ± 5.0 أ	673.5 ± 13.5 أ
اللون			
الضيائية (L)	12.5 ± 0.9 ج	17.8 ± 0.1 ب	19.3 ± 0.03 أ
صفاء اللون (C*)	48.0 ± 1.7 ج	59.3 ± 0.1 ب	62.4 ± 0.1 أ
مقدار تدرج اللون (Hab)	25.9 ± 1.0 ج	30.3 ± 0.1 ب	31.4 ± 0.1 أ

P = اللب؛ UF = اللب المرشح بشكل فائق؛ NF = اللب المرشح باستخدام تقنية النانو؛ BE = معادل بيتانين؛ IE = معادل إنديكاثانثين؛ GAE = معادل حمض جاليك. تعني الحروف المختلفة في الصفوف: اختلافات إحصائية (نسبة توكي أقل من 0.05).

المصدر: كانسينو، روبرت وسينز (بيانات غير منشورة).

كانت النتائج التي تم الحصول عليها للمستخلصات المختلفة (اللب المخفف مسبقاً والترشيح الفائق والترشيح النانوي) مرتبطة بحجم مسام الغشاء، وكذلك الألفة الكيميائية بين الغشاء والتفاعل بين المركبات المختلفة والغشاء. تفتح هذه الأنواع من المنتجات إمكانيات جديدة لإنتاج المواد الملونة من الصبّار. لكن يلزم إجراء المزيد من البحوث لتحسين تركيز الصبغة والخواص الأخرى للمستخلصات.

منتجات أخرى

المواد الملونة من الصبّار

تعد المواد الملونة الطبيعية – وعلى وجه التحديد، الحمراء والأرجوانية – موضع تقدير المستهلكين بشكل كبير، خصوصاً بعد القيود التي وضعها الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة الأمريكية على المواد الملونة الحمراء الصناعية المستخدمة كمواد مضافة في الأغذية نظراً لتأثيراتها السلبية المحتملة على صحة الإنسان (تسودا وآخرون، 2001).بناء على ذلك، يوجد اهتمام متزايد بمصادر الصبغة الحمراء الطبيعية الجديدة واستخداماتها المحتملة في الأغذية.

لدى الأنواع البيئية من الصبّار الأحمر والأرجواني محتوى بيتالاين متفاوت في كلٍ من اللب والقشرة (أودوكس ودومينغويز لوبيز، 1996؛ سيبولفيدا وآخرون، 2003ج). يتم الحصول على هذه الصبغة تجارياً من الشمندر الأحمر وتُستخدم على نطاق واسع في صناعة الأغذية، حيث تسمح التشريعات في كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي باستخدامها في الأغذية (سينز وآخرون، 2009). يُستخدم مستخلص الشمندر الأحمر (الغني بالبيتالاينات) بشكل رئيسي لتلوين الأغذية، مثل منتجات الألبان والسكاكر والمثلجات والحلويات والمشروبات والنقانق.

مع ذلك، فهي تتسم ببعض العيوب وهي: طعم يشبه طعم التراب، يسببه الجيوسمين و-3سيك-بوتيل2- ميثوكسي بيرازين ومستويات النترات المرتفعة. تعد نباتات الصبّار الحمراء أو الأرجوانية بالتالي بديلاً مثيراً للاهتمام كمصدر للبيتانين من أجل إنتاج المواد الملونة للأغذية (سينز وآخرون، 2009؛ كاستيلار وآخرون، 2003) (الشكل رقم 12).

تمت دراسة استخدام عصير الصبّار مركّز أرجواني كمادة ملونة للأغذية في منتجات الألبان (على سبيل المثال، الزبادي) منذ بضع سنوات (سينز وآخرون، 2002د؛ سيبولفيدا وآخرون، 2002، 2003ج)، ويتم حالياً الاهتمام بتنقية الأصباغ واستقرارها، وهي تعد مهمة لاستخدام الأصباغ في الصناعة.

حصل كاستيلار وآخرون (2008) على مركّز بيتالاين من خلال تخمير (السكيراء الجعوية من نوع Bayanus AWRI 796) عصير صبّار O. stricta. لقد كان للمنتج النهائي 9.65 غرام من البيتانين في كل ليتر، ورقم هيدروجيني يبلغ 3.41، و5.2 درجة بريكس ولزوجة تبلغ 52.5 سنتي بواز.

ركزت الدراسات الأخرى على تجفيف لب الصبّار من خلال التجفيف بالرش أو التجفيف بالتجميد للحصول على مساحيق ملونة. استخدم موشامر وآخرون (2006) التجميد والتجفيف بالرش بالمالتودكسترين كمادة حاملة (10-20 من معادل دكستروز) لتجفيف عصير الصبّار الاصفر جيالا 'Gialla'؛ فلقد أفادوا عن نسبة احتفاظ بالبيتالاين مرتفعة (مساوية او تتجاوز90 في المائة) لكلا نوعي المسحوق. على نحو مماثل، تم تجفيف أنواع عديدة من الصبّار الأرجواني (O. stricta, O. streptacantha,O. lasiacan-tha) بالرش، باستخدام المالتودكسترين كمادة حاملة مجففة (10، 20 من معادل الدكستروز). لاحظ دياز وآخرون (2006) أنه بعد 24 أسبوعاً عند 25 درجة مئوية، احتفظ المسحوق بنسبة 86 في المائة من المحتوى الأصلي

الشكل رقم (12)

ثمار الصبّار الأرجوانية والجسيمات الدقيقة

(مصدر الصور: كارمين سينزوبي روبرت)

للبيتانين. استخدم أوبون وآخرون (2009) شراب جلوكوز مركز (29 من معادل الدكستروز) وأفادوا بأنه بعد شهر من تخزينه في درجة حرارة الغرفة، احتفظ مسحوق بلونه بنسبة 98 في المائة.

لاحظ رودريغيز هرنانديز وآخرون (2005) أن مسحوق الصبّار، عندما تم تكوينه مرة أخرى، أظهر لوناً مختلفاً قليلاً عن العصير الطازج.

يتأثر استقرار البيتالاين بعوامل عدة أبرزها: الرقم الهيدروجيني والماء والتعرض للضوء والأكسجين ونشاط الإنزيمات، وقبل كل شيء، درجة الحرارة (أزبريدو، 2009؛ هيرباخ وآخرون، 2006؛ كاستيلار وآخرون، 2003)، وتتوافر تقنية –التغليف الدقيق – لجعل الأصباغ مستقرة (سينزوآخرون، 2009، 2012ب؛ غانديا هيريرو وآخرون، 2010؛ فيرغارا وآخرون، 2014؛ روبرت وآخرون، 2015).

إن التغليف الدقيق هو تقنية تنطوي على إدخال مركبات منشطة حيوياً (صلبة أو سائلة أو غازية) إلى مصفوفة بوليمرية لحمايتها من البيئة المحيطة أو التفاعل مع مكونات الأغذية الأخرى أو التحكم بنسبة إطلاقها (يانيز فرناندیز وآخرون، 2002). يعدّ التغليف الدقيق باستخدام التجفيف بالرش هو التقنية الأكثر استخداماً: فهي تحصل على مسحوق ذي نشاط مائي منخفض، وتتيح نقل ومناولة وتخزين أسهل وتضمن الجودة الميكروبيولوجية (هاياشي، 1989). جمع فيرغارا وآخرون (2014) بين تقنية الغشاء (لفصل البيتالاينات) والتغليف الدقيق (لحمايتها)، ما يؤدي إلى الحصول على مادة ملونة صحية يمكن استخدامها في صناعة الأغذية. درس جوميز (2013) استقرار البيتالاينات الجسيمية الدقيقة في المشروبات الغازية، مقارناً الجسيمات الدقيقة من لب الصبّار والمستخلصات المرشحة بشكل فائق والمرشحة بتقنية النانو؛ ولقد استنتج أن استقرار البيتالاينات تأثر بكلٍ من مصدرها (لب أم مستخلص) وبعامل التغليف المستخدم. إن البيتالاينات من لب الصبّار أكثر استقراراً في المشروبات الغذائية، وربما يكون ذلك بفضل الهلام النباتي. استخدم ألفارو (2014) الجسيمات الدقيقة للصبّار الأرجواني في الزبادي (اللبن الرائب)، ولقد ذكر أنه بعد 45 يوماً من التخزين، تم الاحتفاظ بنسبة 60 في المائة من البيتالاينات.

يوجد حتى الآن بحوث قليلة نسبياً حول تغليف البيتالاينات من الصبّار (سينز وآخرون، 2009؛ فيرغارا وآخرون، 2014؛ بيتالوا وآخرون، 2010؛ غانديا هيريرو وآخرون، 2010؛ روبرت وآخرون، 2015؛ أوتارولا وآخرون، 2015)، ويلزم إجراء المزيد من البحوث حول هذا الموضوع.

الإنتاج بتقنية البثق

يُعد الإنضاج بالبثق تقنية تستخدم درجة حرارة مرتفعة في وقت قصير. في حين لا نجد إلا القليل نسبياً من الدراسات التي تتناول الصبّار والألواح، إلا أن هذه التقنية تُستخدم على نطاق واسع في معالجة الأغذية، مثل حبوب الإفطار والوجبات الخفيفة المالحة والحلوة وأغذية الرضّع والأغذية الخفيفة. يتم تغليف المواد الغذائية وطبخها، مع دمج الرطوبة والضغط ودرجة الحرارة والقطع. تتضمن العوامل التي تؤثر على جودة المنتج نوع آلة البثق، وهيئة اللولبة والسرعة ودرجة الحرارة ومعدل التلقيم، فضلاً عن تركيبة المادة الخام ونوع مكونات الأغذية المستخدمة (سينغ وآخرون، 2007؛ السماحي وآخرون، 2007ب).

درس السماحي وآخرون (2007ب) المنتجات المشكلة بتقنية البثق المكوّنة من الأرز والصبّار– وهو خيار مبتكر لإنتاج وجبة خفيفة ذات قيمة مضافة جديدة تعتمد على مركزات لب الصبّار. في هذه الدراسة، تم تركيز لب الصبّار الأصفر البرتقالي والأحمر (40 درجة بريكس) وإضافته إلى دقيق الأرز وتم وضع المزيج في آلة بثق أحادية اللولبة، وتم اختبار صيغ مختلفة (بتغيير نسبة دقيق الأرز ومركز لب الصبّار). أعطت مستويات الاستبدال بين خمسة وعشرة في المائة للب الصبّار المركز أفضل نتائج لمنتجات البثق ذات خصائص وظيفية وغذائية وحسية جيدة، حيث تم تحسين السمات السيئة للصيغة الخالية من لب الصبّار بشكل ملحوظ من خلال إضافة مركزات الصبّار.

قام ساركاروآخرون (2011) بتشكيل لب صبّار (من النوع الأصفر) مع دقيق أرز بالبثق. اختبر المؤلفون نسباً مختلفة من المواد الصلبة (المواد الصلبة لدقيق الأرز: المواد الصلبة للمعجون – 6: 1، و8: 1 و10: 1).تم تجفيف الأمزجة في آلة بثق ذات لولب مزدوج. أظهرت النتائج أن بعض الخصائص، مثل المسامية، انخفضت عندما ازدادت نسبة المواد الصلبة للثمرة.

لبّ الصبّار مفيد لإنتاج المنتجات بتقنية البثق؛ ويلزم إجراء المزيد من البحوث لمعرفة تفاعل لبّ الصبّار في هذه العمليات بشكل أفضل ولتحسين خصائص المنتجات التي يتم الحصول عليها.

المواد الهيدروكولويد (الهلامات النباتية) من الألواح

إن المواد الهيدروكولويد هي مركبات من السكاريد المتعدد ذات تعقيد متفاوت، وتُستخدم عادة في صناعة الأغذية كمواد إضافية لتوفير لزوجة للمشروبات والحلويات وتوابل السلطة على سبيل المثال، وهي تتضمن الهلام النباتي للصبّار، وهو أرابينوجالاكتان من نوع متعدد السكاريد الموجود في الألواح والثمار (سينزوآخرون، 2004؛ ماتسوهيرو وآخرون، 2006). يلعب الهلام النباتي دورًا فسيولوجياً مهماً في أنواع الصبّار حيث إن له قدرة عالية على الاحتفاظ بالماء (نوبل وآخرون، 1992)، ويمكن استخلاصه من القوالب (الألواح أو قشرة الثمرة) بالماء، وترسيبه بالإيثانول؛ أو يمكن استخدام تقنيات أخرى مثل الضغط (سيبولفيدا وآخرون، 2007). بصفة عامة، تكون نتائج الاستخلاص منخفضة (إثنان في المائة من الوزن الطازج أو أقل)، ولكنها مع ذلك توفر إمكانات مثيرة للاهتمام، مع الأخذ في الحسبان أن الألواح تكون عادة بقايا من التقليم، وتتوافر على مدار السنة. تم ذكر طرق استخلاص عديدة باستخدام مذيبات مختلفة لترسيب الهلام النباتي، مثل الإيثانول وكحول الأيزوبروبيل والأسيتون (رودريغيز غونزاليس وآخرون، 2014؛ كاي وآخرون، 2008؛ سيبولفيدا وآخرون، 2007؛ يحيى وآخرون، 2009؛ مدينا توريس وآخرون، 2000). لقد بحثت بعض الدراسات في استخدامات هذه المادة الهيدروكوليد في عصارات الثمار لاستبدال المواد الأخرى المكثفة للقوام التي تُستخدم عادة في صناعة الأغذية (على سبيل المثال سيللوز الكربوكسي ميثيل) (سيبولفيدا وآخرون، 2003أ، 2004).

كما تم اختبار الهلام النباتي أيضا كغلاف صالح للأكل لحماية الثمار الطازجة، حيث استخدم ديل فال وآخرون (2005) الهلام النباتي كطبقة رقيقة صالحة للأكل لزيادة مدة تخزين الفراولة المخزنة عند درجة حرارة تبلغ خمس درجات مئوية، ولقد أفاد بأن الثمار قد حافظت على ملمسها ونكهتها، ولم تتدهور حالها بعد تسعة أيام من التخزين. يمكن أن توفر هذه الطبقة الرقيقة الصالحة للأكل بديلاً لحفظ الثمار الطازجة المختلفة مثل التوت، ولكن مع ذلك، يعد استخدامها مع المنتجات المختلفة تحدياً حيث يجب أخذ معدلات تنفس كل نوع من الثمار في الحسبان. استخدم أكوينو وآخرون (2009) محلولا هلام نباتي ممزوج بتركيزات مختلفة من حمض الستريك وثاني كبريتيت الصوديوم لوقف اسوداد شرائح الموز خلال عملية التجفيف. ذكر المؤلفون أن توليفة من 500 جزء في المليون من ثاني كبريتيت الصوديوم وحمض السيتريك (واحد في المائة)، بعد المعالجة في محلول الهلام النباتي (35 ثانية ملي باسكال)، نجحت في وقف الاسوداد، وجعلت شرائح الموز أكثر لمعاناً.

مؤخراً، أفادت مدينا توريزوآخرون (2013) وأوتارولا وآخرون (2015) بأنه يمكن استخدام الهلام النباتي كعامل تغليف للمركبات المنشطة حيوياً وحمض الجاليك والبيتالاينات؛ ويشير هذا إلى فرص جديدة في القطاع الصناعي. كما أفادت سينزوآخرون (2009) أيضا بهذا السلوك في دراسة تغليف البيتالاينات من ثمار الصبّار.

استخلصت ليرا أورتيز وآخرون (2014) بكتينات ذات نسبة ميثوكسيل منخفضة من قشرة صبّار O. albicarpa Scheinvar واكتشفوا إمكانية استخدامها في صناعة الأغذية كعامل مكثف للقوام وعامل تهلم – حيث كانت الأخيرة عندما أُضيفت إليها أيونات الكالسيوم. حصل المؤلفون على ناتج يبلغ 98 غراما لكل كيلو غرام من المادة الجافة.

زيت البذور

تحتوي ثمار الصبّار على كميات متفاوتة من البذور، ولكنها توجد عادة بنسبة مرتفعة (10 - 15 غراما لكل 100 غرام). في معظم عمليات معالجة الثمار، يتم فصل البذور عن اللب، ما يؤدي إلى وجود كميات كبيرة من البذور المهملة التي تمثل مشكلة كمخلفات بيئية. لهذا السبب، في العقود الأخيرة، درس الباحثون في مختلف البلدان تركيبة هذه البذور، وسعوا إلى إيجاد استخدامات ممكنة مختلفة للبذور.

درس صوايا وآخرون (1983) تكوين البذور واستخدامها المحتمل في علف الحيوانات، ولقد أبلغوا عن 16.6 في المائة من محتوى البروتين و17.2 في المائة من الدهون و49.6 في المائة من الألياف و3.0 في المائة من الرماد. يتسم المحتوى المعدني بارتفاع في نسبة الصوديوم (67.6 ملغرام لكل 100 غرام) والبوتاسيوم (163.0 ملغرام لكل 100 غرام) والفوسفور (152.0 ملغرام لكل 100 غرام).

إن زيت بذور الصبّار صالح للأكل؛ ويمكن أن يكون منتجاً غذائياً ووظيفياً آخر ذا أهمية محتملة، ولكن ربما ليس للاستهلاك المباشر (كما هو موضح أدناه). يتم استخلاص الزيت عادة في البحوث باستخدام مذيب عضوي (4.4 - 14.10 في المائة) (صواياوخان، 1982؛ سيبولفيدا وسينز، 1988؛ إنوري وآخرون، 2005؛ بيسيريل، 1997؛ تليلي وآخرون، 2011؛ أويرغمي وآخرون 2013، تشوجوي وآخرون، 2013)، بناء على عوامل مثل ظروف النمو والنوع ونضج الثمار (أوزكان والجهيمي، 2011). تم ذكر الضغط البارد للحصول على زيت البذور من قبل غربي وآخرون (2015) فحسب من المغرب، مع ناتج يتراوح بين ستة وسبعة في المائة. يعد هذا النوع من الاستخلاص صديقا للبيئة أكثر من الطرق الأخرى لأنه يتجنب استخدام المذيبات العضوية.

تتراوح كميات الزيوت الصالحة للأكل بين 6 - 17 في المائة حيث يمكن أن تقارن بشكل معقول - من حيث حجم الفضلات - مع زيوت البذور الأخرى الشائع استخدامها. إن إنتاج زيت بذور الصبّار بوصفه زيتا صالحا للأكل هو أمر قابل للتطبيق فقط عند المعالجة المتكاملة باستخدام جميع أجزاء النبات (سينز وآخرون، 2006).

زيت بذور الصبّار غني بالأحماض الدهنية غير المشبعة، وله محتوى حمض لينوليك مرتفع (57.7 - 73.4 في المائة) ومحتوى حمض لينولينيك منخفض. يبين الجدول رقم (5) النسب المئوية للأحماض الدهنية الرئيسية في زيت البذور.

يتسم الزيت بمحتوى مرتفع من الأحماض الدهنية غير المشبعة، وكذلك المكونات الصحية الأخرى، مثل الستيرولات والتوكوفرولات وفيتامين هـ (E)

والبيتا كاروتين وفيتامين ك (K) (رمضان ومرسل، 2003أ؛ كوبا وآخرون، 2015). ذكر تليلي وآخرون (2011)وتشوجوي وآخرون(2013) المركبات الفينولية: على التوالي، 61 ملغرام من معادل حمض الجاليك لكل 100 غرام و268 ملغرام لكل 100 غرام، معبرعنها كمعادل روتين. بينما ذكر الباحثون في كلٍ من المكسيك واليابان أرقاما مرتفعة (كاردادور مارتينيزوآخرون، 2011).

يلزم إجراء المزيد من البحوث قبل استخلاص استنتاجات نهائية.

تسلط هذه الخواص والخواص الفيزيائية والكيميائية الأخرى، بما في ذلك مؤشر الانكسار ومؤشر اليود ودرجة التصبن، الضوء على التشابه بين زيت بذور الصبّار وزيوت المنتجات الأخرى الصالحة للأكل مثل زيت الذرة أو زيت بذور العنب. تكون نتائج استخلاص الزيت منخفضة.

الجدول رقم (5) محتوى الأحماض الدهنية (في المائة) في زيت بذور الصبّار من بلدان مختلفة

الحمض الدهني	البلدان						
	المغرب [أ]	تركيا [ب]	جنوب أفريقيا [أ]	تونس [أ،ج،ز]	ألمانيا [د]	تشيلي [هـ]	الجزائر [و]
الحمض النخيلي (C16 : 0)	11.9	12.8 - 10.6	13.7	12.7 - 12.2	23.1	16.2	13.1
حمض الستايريك (C18: 0)	3.4	5.4 - 3.3	3.38	3.9 - 3.2	2.67	3.3	3.5
حمض الأوليك (C18 : 1n-9)	21.3	23.5 - 13	15.7	22.3 - 16.4	24.1	19.9	16.3
حمض الفاكسينيك (C18 : 1n-7)	–	6.3 - 5.1	–	4.8	–	–	5.3
حمض اللينوليك (C18 : 2n-6)	60.8	62.1 - 49.3	64.38	60.6 - 53.5	32.3	57.7	61.8

[أ] غربي وآخرون (2015)؛ [ب] ماتيوس وأوزكان (2011)؛ [ج] تليلي وآخرون (2011)؛ [د] رمضان ومرسل (2003أ)؛ [هـ] سيبولفيدا وسينز (1988)؛ [و] تشوجوي وآخرون (2013)؛ [ز] أويرغمي وآخرون، 2013.

مقارنة بزيوت البذور الصالحة للأكل الشائعة الأخرى؛ يمكن مع ذلك استخدام زيت بذور الصبّار في صناعة الأغذية كبديل للدهون في منتجات الحلويات الخاصة. مع ذلك، فإن الاستخدامات الصيدلانية والتجميلية توفر بدائل أكثر وأفضل، ففي هذا الصدد، تساهم بذور الصبّار أيضاً مع الزيوت الأساسية، وهي مجموعة من المركبات المستخدمة بشكل رئيسي في المجال الصيدلاني. ذكر أويرغمي وآخرون (2013) أن الزيوت الأساسية تشتمل على تبرينات وإسترات وألدهيدات إضافة إلى مواد أخرى، وأن ناتج بذور الصبّار يصل إلى أربعة في المائة تقريباً.

في السنوات الأخيرة، ظهرت استخدامات أخرى، على وجه التحديد في مستحضرات التجميل؛ فلقد استغلت هذه الصناعة خصائص الزيت (محتوى الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة والتوكوفيرولات والاستيرولات والفينولات) وظهرت صناعة واعدة في بلدان مثل المغرب، حيث يوجد العديد من الشركات التعاونية والشركات الخاصة التي تستخلص هذا الزيت من أجل الأغراض التجميلية، ويوجد 20 منتجا لزيت بذور الصبّار على الأقل (عبد الرحمن ايت حمو، الرابطة الوطنية لتنمية الصبّار، المغرب، عبر التواصل الشخصي). تستخلص الصناعة الزيت من خلال الضغط البارد – وهي عملية صديقة للبيئة تتجنب استخدام المذيبات (بيرعون وآخرون، 2015؛ غربي وآخرون، 2015). يتم فصل البذور باستخدام آلة خاصة قبل استخلاص الزيت بالضغط البارد **(الشكل رقم 13)**.

الخلاصة

توجد مجموعة واسعة من البدائل لمعالجة الثمار والألواح والبذور من نباتات صبّار Opuntia. فبصفة عامة، تكون التقنيات المستخدمة هي المتاحة للصناعات الزراعية صغيرة الحجم التي يمكنها أن تستفيد من هذه المادة الخام الجديدة لتنويع إنتاجها. من ناحية أخرى، وباعتبار أن الهدف هو إنشاء صناعات زراعية جديدة لمعالجة الصبّار، فإن الاستثمار مطلوب، ويجب أن يأتي من الحكومات أو المنظمات التي لا تبغي الربح أو مصادر أخرى. وفي بعض البلدان، يمكن ترويج نموذج تعاوني، حيث يمكن أن يجلب التنوع الهائل لمنتجات الصبّار فوائد هائلة للعديد من الناس، وعلى وجه التحديد أولئك الذين يعيشون في المناطق القاحلة وشبه القاحلة من العالم.

الشكل رقم (13)

جهاز فصل البذور (مصدر الصور: عبد الرحمن ايت حمو)

13

الخصائص الغذائية والمشتقّات الطبيّة من الثّمار والألواح

Mónica Azucena Nazareno
مركز البحوث والتحويل في سانتياغو ديل استيرو
المجلس الوطني للبحوث الفنية والعلمية
الجامعة الوطنية في سانتياغو ديل استيرو، الأرجنتين

13 الخصائص الغذائيّة والمشتقات الطبّية من الثّمار والألواح

المقدمة

لقد أكّدت البحوث العلمية أن الثّمار وألواح الصبّاريات يمكن أن تُستخدم بكفاءة كمصدر للمغذيات والكيماويات النباتية (على سبيل المثال، السكريات، والصمغ النباتي، والألياف، والفيتامينات، والأصباغ) ذات الأهمية الغذائية والوظيفية. وتُبدي منتجات الصبّار خصائص وظيفية واعدة نظراً لخصائصها الصحية. وهذا الفصل يعرض وصفاً مفصّلاً للمكوّنات النشطة الرئيسية لفصائل الصبّاريات المختلفة التي تمت دراستها في أنحاء العالم.

استخدمت نباتات الصبّار، منذ القدم، لعلاج الأمراض وشفاء الجروح. ويتم استخدام الصبّاريات بشكل تقليدي كأدوية طبيعية في عدة بلدان لعلاج العديد من الأمراض. وبالإضافة إلى ذلك، لا تزال تُستخدم الألواح وثمار الصبّار في يومنا هذا في الطب الشعبي كعوامل علاجية. وقد تم تحقيق تقدم ملحوظ في العقود الأخيرة في تحديد خصائص مكوّنات النبات وفي توضيح دور الجزيئات الطبيعية فيما يتعلق بالوقاية من الأمراض. وفي هذا السياق، هناك توصيات قوية بإدراج الفواكه والخضروات في النظام الغذائي. وتتوافر عدة منتجات مصنَّعة حالياً في السوق العالمي تستفيد من الخصائص العلاجية لنباتات الصبّار؛ فهناك اهتمام متزايد بالاستخدام الصناعي لمنتجات الصبّار كمغذيات دوائية.

وتُعد نباتات الصبّار محاصيل متعددة الأغراض: فهي لا توفِّر الغذاء والعلف فحسب، ولكنها تحتوي أيضاً على مواد كيميائية نباتية أحيائية نشطة. وتوفِّر الثمار والألواح بالفعل الطاقة والعناصر الغذائية لكلٍ من البشر والماشية. كما تُعتبر نباتات الصبّار أيضاً مصادر غنية بالمواد المعززة للصحة يمكن استخدامها كأدوية طبيعية للوقاية من الأمراض الخطيرة وعلاجها. هذه الخصائص المفيدة التي يتمتع بها الصبّار، والتي كانت معروفة في الحضارات القديمة، تثير في يومنا هذا اهتمام الأوساط العلمية. وتتوسع الكتابات العلمية بشأن الخصائص العلاجية للصبّار بشكل مطّرد، مع الإعلان عن اكتشافات جديدة حول مكوّنات النبات المسؤولة عن هذه الأنشطة.

الجوانب الغذائية

يعتمد التركيب الغذائي للثمار والألواح على العديد من العوامل: الفصيلة، أو النوع المستنبت، أو الصنف؛ والعوامل البيئية، بما في ذلك ظروف المناخ والتربة؛ وإدارة المحصول، بما في ذلك الإخصاب والمعالجة بعد القطف؛ وحالة النضج.

الثمار

يُنتج العديد من فصائل الصبّار ثماراً صالحة للأكل. وفي الوقت الحالي، تنتمي معظم ثمار الصبّار المتوفِّرة في السوق العالمي إلى فصيلة Opuntia ficus-indica. وثمرة الصبّار النموذجية ثمرة بيضاوية الشكل تتمتع بوزن يُعادل 100 - 200 غرام في المتوسط. ويُشكِّل اللب كثير العصارة 60 - 70 في المائة من إجمالي وزن الثمرة ويحتوي على بذور صلبة صغيرة عديدة، يتراوح عددها من 100 إلى أكثر من 400 بذرة في الثمرة. ويوضّح الشكل 1 تركيب الثمرة. ثمرة الصبّار ليس لها ذروة تنفس، كما أن معدَّل التنفس بها منخفض (كانتويل، 1995)، وتتمتع بإنتاج منخفض للإثيلين. ولذلك، تبقى تركيزات المغذيات في الثمرة من دون أن تطرأ عليها تغيرات كبيرة خلال فترة التخزين؛ لكن قد يتغير الوزن والتماسك. وبالإضافة إلى ذلك، لا يختلف الرقم الهيدروجيني للثمرة، وحموضتها، وإجمالي المواد الصلبة القابلة للذوبان بها أثناء فترة ما بعد القطف؛ على الرغم من أنه قد تم تسجيل بعض التغيرات في محتوى فيتامين (ج)، حسب ظروف التخزين (كورياكايوبان وآخرون، 2009).

وقد تم التوسع في دراسة التركيب الكيميائي والغذائي لثمار الصبّار (القصوري وآخرون، 1998؛ وبوتيرا وآخرون، 2002؛ وفويجانج وآخرون، 2006). وتُعتبر السكريات، والألياف، والصمغ النباتي، والبكتينات هي المكوّنات الرئيسية للثمرة؛ بينما البروتينات، والأحماض الأمينية، والفيتامينات، والمعادن تشكل المكوّنات الفرعية (تيسوريير وآخرون، 2005ب). وقد تم وصف مستقلبات ثانوية تتمتع بخصائص مضادة للأكسدة (كوتي، 2004؛ ويحيى وموندراغون، 2011؛ وكورياكايوبان وآخرون، 2011). ويتميز الصبّار بمحتوى سكريات مرتفع (12 - 17 في المائة) وحموضة

الشكل رقم (1)

التركيب الكيميائي الصبّار (النسبة المئوية من المادة الطازجة) وتكوين الثمرة كنسبة مئوية من وزن الثمرة، الوزن الصيغي (القصوري وآخرون، 1998؛ دورو وتوركر، 2005)

منخفضة (0,03 - 0,12 في المائة) ورقم هيدروجيني يتراوح بين خمسة وسبعة. وبالإضافة إلى ذلك، يتراوح إجمالي محتوى المواد الصلبة القابل للذوبان من 11,6 إلى 15,3 درجة بريكس، ويزيد مع نضج الثمرة (يحيى وموندراغون، 2011).

وتختلف نسبة الجلوكوز والفركتوز النسبية بين الفصائل المختلفة وضمن أنسجة الثمار: 53 في المائة من الجلوكوز و47 في المائة من الفركتوز من إجمالي محتوى السكريات (كوتي وغالاوي، 1994). ويكون لب الثمرة غنياً أيضاً بالمعادن، بما في ذلك الكالسيوم (59 مليغرام لكل 100غرام) والمغنيسيوم (98,4 مليغرام لكل 100 غرام) (ستينتسينج وآخرون، 2001). وتحتوي مكونات قشرة الثمرة ولبّها على صمغ نباتي في الألياف الغذائية؛ وهو هيدروكوليد وله قدرة فائقة على امتصاص المياه. ويكون إجمالي محتوى الحمض الأميني (257,24 مليغرام لكل 100 غرام) أكبر من متوسط إجمالي المحتوى في الثمار الأخرى؛ وتتمثل الأحماض الأمينية الرئيسية في بروليين، وتورين، وسيرين. وتتوفَّر كميات كبيرة من حمض الأسكوربيك في صبّار Opuntia ficus-indica ، حيث يتراوح مقداره من 180 إلى 300 ملغم لكل كيلوغرام من الثمار الطازجة (بيغا، 2004).

وتوجد توكوفيرولات، وهي عبارة عن فيتامين (ه) قابل للذوبان في الدهون، في الجزء الشحمي لكلٍ من بذرة ثمرة الصبّار ولبّها. وتُعد توكوفيرولات فيتامين (ه) بالشكلين الأيسومريين γ و δ المتناظرين المكوِّنات الرئيسية في زيوت البذرة واللب، على التوالي، حيث تُشكِّل ما يصل إلى 80 في المائة من إجمالي محتوى فيتامين (ه) (رمضان ومورسل، 2003أ). وتكون الشحوم (الليبيدات) موزعة في قشرة الثمرة، ولبّها، وبذورها. وتحتوي قشرة الثمرة على كميات لا يستهان بها من الأحماض الدهنية غير المشبعة المتعددة، وخاصة حمض اللينولييك. كما تحتوي أيضاً على مركَّبات أخرى قابلة للذوبان في الدهون، بما في ذلك الستيرولات، وبيتاكاروتين، وفيتامين ك1؛ ويكون الاستيرول الرئيسي عبارة عن β-سيتوستيرول (رمضان ومورسل، 2003ب). وقد قام حبيبي وآخرون (2004) بوصف عديدات السكاريد والبكتينات في القشرة.

البذرة وزيت البذرة

يحتوي الصبّار على العديد من البذور المغلَّفة بقشرة صلبة تُمثِّل ما بين عشرة وخمسة عشر في المائة من وزن اللب. وتحتوي الثمار على عدد كبير من البذور على الرغم من انخفاض محتوى الزيوت بها نسبياً. ويُمثِّل محتوى الزيت ما بين سبعة وخمسة عشر في المائة من إجمالي وزن البذرة. وتُشكِّل الأحماض الدهنية الأساسية (حمض اللينولييك بشكل رئيسي) نسبة مئوية كبيرة من الأحماض الدهنية غير المشبعة في مستخلص زيت البذور. وتُمثِّل الأحماض الدهنية غير المشبعة حوالي 80 في المائة من إجمالي الأحماض الدهنية (النوري وآخرون، 2005). ويتراوح محتوى حمض اللينولييك بين 61,4 و68,9 في المائة. ويكون تركيز حمض α- اللينولييك في جميع الأنواع المستنبتة أقل من واحد في المائة. ويتراوح محتوى حمض الأوليك بين 12,4 و16,5 في المائة. لذلك، على الرغم من كون محتوى زيت البذور منخفضاً نسبياً، يُشير تركيب الحمض الدهني إلى قابلية استخدامه في الصناعات الدوائية والتجميلية (لابوشاجني وهوجو، 2010). ويباع زيت البذور المخصص لمستحضرات التجميل بسعر مرتفع للغاية كزيت عضوي للاستخدام في إنتاج منتجات مكافحة الشيخوخة والتجاعيد. ويتم استحداث تطبيقات جديدة في الوقت الحالي من خلال صناعة مستحضرات التجميل. وتتألف سويداء البذرة من السكاريد المتعددة الغنية بالأرابينان، بينما يُعتبر D-زايلان المكوِّن الرئيسي لغلاف البذرة (حبيبي وآخرون، 2002). وقد تم استخدام زايلان كمادة لاصقة، ومغلّظ، ومادة مضافة في المواد البلاستيكية؛ ويحظى باهتمام متزايد في صناعة الأغذية نظراً لقابلية استخدامه في صناعة أغشية التعبئة وتغليف الأغذية؛ وهو يعمل أيضاً كمستحلب ومثبّت رغوة بروتين أثناء التسخين. وقد يلعب في يومنا هذا دوراً مهماً في استحداث منتجات أحيائية طبية جديدة للأنظمة الجديدة لإعطاء العقاقير، وخاصة للإطلاق المتحكم به للعقاقير.

الألواح

الألواح هي عبارة عن جذوع مسطَّحة معدَّلة تتمتع بشكل بيضاوي أو مطوَّل مميز؛ وهي قادرة على أداء وظيفة البناء الضوئي. ويتم استهلاك الألواح الطرية والناشئة، وتُسمى Nopalitos، كخضروات طازجة؛ وتُستخدم كمكوِّن في نطاق واسع من الأطباق، بما في ذلك أنواع الصلصة، والسلاطة، والحساء، والوجبات الخفيفة، والمخللات، والمشروبات، والحلوى، وأطباق الحلو (ساينز وآخرون، 2002أ). وتتمثل المكوِّنات الرئيسية للألواح في البوليمرات التي تحتوي على الكربوهيدرات، والتي تشتمل على خليط من الصمغ النباتي والبكتين. وبحسب ساينز وآخرين (2002أ) عن التركيب الكيميائي للألواح الناشئة الطازجة:

- نسبة الرطوبة 91 في المائة (وزن المياه)؛
- إجمالي نسبة الكربوهيدرات 4,5 في المائة؛
- نسبة البروتين 1,5 في المائة؛
- نسبة الدهون 0,2؛
- نسبة الرماد 1,3 منها 90 في المائة كالسيوم.

وحلل غيفارا فيغيروا وآخرون (2010) تركيبة تقريبية لألواح فصيلة Opuntia البرية (الشكل 2). وبالإضافة إلى ذلك، يحتوي 100 غرام من الألواح على 11 مليغرام من فيتامين (ج) و30 ميكرو غرام من الكاروتنيد.

والصمغ النباتي هو عبارة عن السكاريد المتعددة؛ ويمكن العثور عليه في خلايا التخزين المتخصصة أو يكون طليقاً ضمن الخلايا أو في المساحات بين الخلايا في النسيج اليخضوري والمتني للألواح. ويشتمل الصمغ النباتي المجفف في المتوسط على: رطوبة بنسبة 5,6 في المائة؛ وبروتين بنسبة 7,3 في المائة؛ ورماد بنسبة 37,3 في المائة؛ ونيتروجين بنسبة 1,14 في المائة؛ وكالسيوم بنسبة 9,86 في المائة؛ وبوتاسيوم بنسبة 1,55 في المائة (سيبولفيدا وآخرون، 2007). وبناءً على تكوين الصمغ النباتي الكيميائي، يُعتبر الصمغ النباتي بوليمرا (بشكل مشابه للبكتين)، ويتألف من أرابينوز، وجلاكتوز، وزايلوز، ورامنوز كسكريات طبيعية، ويتكون من كمية صغيرة من حمض الغالاكتورونيك (مدينا توريس وآخرون، 2000؛ ومدجوب وآخرون، 2001). وإلى جانب الاستهلاك المباشر للبراعم الطرية، يتم طحن الألواح الناضجة لإنتاج الطحين ومنتجات أخرى. ويُعتبر طحين نوبال مصدراً غنياً للألياف الغذائية لما يصل إلى 43 في المائة من الأساس الجاف

(ساينز وآخرون، 2002أ)؛ ويمكن استخدامه لتعزيز الوصفات الغذائية التي تحتوي على أنواع طحين من مصادر أخرى.

المواد الكيميائية النباتية الأحيائية النشطة في نبات الصبّار

نباتات الصبّار تُعد أيضاً مصادر مهمة للمواد الأحيائية النشطة ونباتات ممتازة يوصى بها لتحضير الأغذية عالية التقنية والمغذية كالدواء. وتحتوي الثمار، والألواح، والبذور، والزهور جميعها على نسبة عالية من المكوّنات الكيميائية، ما يُضيف قيمة لمنتجات الصبّار.

الثمار

تتمتع ثمار الصبّار بنشاط عالٍ مضاد للأكسدة، ويعزى ذلك إلى وجود فيتامين (ج)، والفلافونيات، والبيتالينات (جالاتي وآخرون، 2003أ)؛ وكوتي، 2004). والنشاط المضاد للأكسدة في الثمرة يُعادل ضعفي نشاط ثمار الكمثرى، والتفاح، والطماطم، والموز، والعنب الأبيض، ويُماثل نشاط العنب الأحمر والليمون الهندي (بوتيرا وآخرون، 2002).

والبيتالينات هي أصباغ تحتوي على نيتروجين ويمكن تصنيفها بيتاسيانينات حمراء (على سبيل المثال، بيتانين) وبيتازانثينات صفراء (على سبيل المثال، إنديكازانثين). والبيتاسيانينات هي مترافقات أمونيوم من حمض البيتالاميك مع سيكلو-DOPA؛ والبيتازانثينات هي مترافقات من حمض البيتالاميك مع أحماض أمينية أو أمينات. والبيتالينات هي الصبغات الرئيسية المسؤولة عن ألوان الثمار الناضجة، وبالتالي، تُعد عاملا رئيسيا لقبول المستهلك للثمرة. ويعتمد تركيز الصبغات على عدة عوامل، وبصفة خاصة حالة نضوج الثمرة (كورياكايوبان وآخرون، 2011). وقام ستينتسينج وآخرون (2005) بتمثيل تركيب البيتالين في ثمرة الصبّار. ولا توفّر هذه الصبغات اللون فقط: فخصائصها المضادة للأكسدة أكبر من خصائص حمض الأسكوربيك (بوتيرا وآخرون، 2002؛ وستينتسينج وآخرون، 2005). وبخلاف أنثوسيانينات (مجموعة أخرى من الصبغات الحمراء الطبيعية)، تكون البيتالينات مستقرة في نطاق أوسع للرقم الهيدروجيني ولذلك تكون ملائمة أكثر للاستخدام كمواد ملوّنة للأغذية في المنتجات منخفضة الحموضة (ستينتسينج وآخرون، 2001). ونظرا للتنوع التركيبي الواسع، وبالتالي التنوع في الألوان الذي تتمتع به البيتالينات، تُعتبر البيتالينات مصدرا واعدا للغاية للمواد الملوّنة الطبيعية المطلوب استخدامها كمواد ملوّنة عالية التقنية. ومقارنة بالشمندر، لا يتمتع الصبّار بنطاق واسع من الألوان فقط، ولكنه يتميز أيضا بميزات تكنولوجية: غياب جيوسمين (وهو عبارة عن نكهة غير محببة تُشبه نكهة التراب)؛ ومستويات منخفضة من النترات؛ وغياب تلوث التربة بالميكروبات.

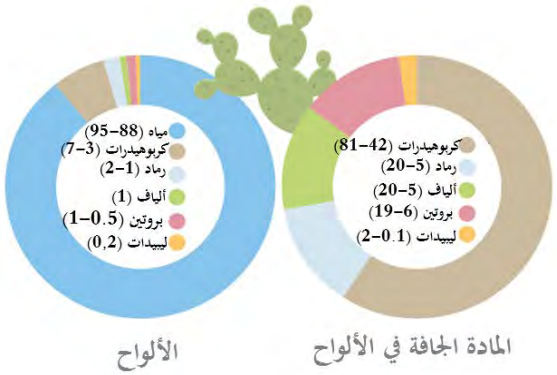
وتم أيضا اكتشاف وجود المواد الفينولية في لب ثمرة الصبّار. وأعلن كوتي (1992) وجود تأثير مضاد للأكسدة نظرا للفلافونانيويد الرئيسية الموجودة في ثمار الصبّار على سبيل المثال، مشتقات كويرسيتين، وكايمبفيرول، وأيزورهامنتين). وقد قام ستينتسينج وكارل (2005) بفحص مشتقات الفلافونول التي تم كشفها في فصيلة Opuntia. وتتمتع القشرة بمحتوى فينولي أكبر من محتوى اللب (ستينتسينج وآخرون، 2005). وبالتالي، من وجهة النظر الوظيفية، يكون هذا المحتوى مفيداً لمعالجة كلٍ من القشرة واللب. وقد وجد لي وآخرون 2002(أ) أن فلافونانيات الصبّار فعّالة أيضاً في حماية الحمض النووي (DNA) للبلازميد من الضرر المستحث بواسطة جذور الهيدروكسيل.

الألواح

توجد مكوّنات وظيفية أخرى، بما في ذلك مشتقات الكلوروفيل، والأحماض الأمينية، والفلافوناويد، في ألواح الصبّار (الشكل 3). وحلل غيفارا فيغيروا وآخرون (2010) ألواح فصيلة Opuntia التجارية والبرية من المكسيك، وقاموا بتقييم مخططات البوليفينولاتوالفلافوناويد في كلٍ من منتجات نوبال

الشكل رقم (2)

أقرب تركيل للألواح ، بالنسب المئوية (ستينتسينج وكارل، 2005؛ غيفارا فيغيروا وآخرون، 2010)



الشكل رقم (3)

المواد الكيميائية النباتية الرئيسية في ثمار الصبّار وألواحه

صمغ نباتي/مواد غذائية/ألياف/كلوروفيل/فلافونانيات/معادن

البيتالينات/ المواد الفينولية/ فيتامين (ج)/ الألياف/ الكربوهيدرات

الطازجة والمعالجة.وتمت ملاحظة وجود خمس فلافوناويد رئيسية (أيزوكويرسيترين، وأيزورهامنتين3--O-جلوكوسيد، ونيكوتيفلورين، وروتين، ونرسيسين) في جميع الأنواع وكان نيكوتيفلورين هو السائد.

الزهور

تتراكم البيتالينات وكذلك المركبات الفينولية عديمة اللون في زهور الصبّار (أحمد وآخرون، 2005). وقام عمّار وآخرون (2012) بدراسة التركيب الكيميائي لزهور O. ficus-indica و O. Stricta التي تم استخلاصها في أربع مراحل نمو. وتم أيضاً تحليل الأنشطة المضادة لتأثير الجذور الحرة، و للبكتيريا، و للفطريات في الإيثانول، وكذلك مستخلصات الهكسان من الزهور. ويختلف المحتوى الفينولي بشكل ملحوظ في مرحلة الإزهار، وتصل هذه المكوّنات النشطة إلى ذروتها أثناء مرحلة ما بعد الإزهار. وأعلن دي ليو وآخرون (2010) المخطط الكيميائي لمستخلص الميثانول من زهور O. ficus-indica. وتم تمثيل الجزء المتطاير من ثلاث فصائل Opuntia الذي تم الحصول عليه من التقطير المائي ومعايرته كعوامل مضادة للفطريات (برقاوي وآخرون، 2007).

الخصائص العلاجية

تم استخدام نباتات الصبّار في الحضارات القديمة لعلاج الأمراض وشفاء الجروح منذ آلاف السنين. ولذلك، ترتبط أصول وتاريخ الصبّار كدواء عن قرب بالحضارات القديمة في أمريكا الوسطى. وعلى مدار 12 ألف عام، تم استخدام الصبّار الطازج من جانب السكان الأصليين نظراً لفوائده الغذائية وخصائصه في شفاء الجروح. وقد تم استخدام ألواح الصبّار، وثماره، وبذوره، وزهوره كأدوية شعبية في العديد من البلدان على مدى قرون.

وهناك تقارير عديدة تُشير إلى ارتباط نظام غذائي غنيّ بثمار الصبّار والخضروات بانخفاض نسبة الإصابة بمرض الشريان التاجي وبعض أنواع السرطان؛ وهذا يوضّح أن هذا النوع من النظام الغذائي يتمتع بتأثيرات إيجابية على الصحة (بازانو وآخرون، 2002). ولا ترتبط هذه التأثيرات المفيدة بمحتوى المغذيات والفيتامينات في الأغذية فقط، ولكن أيضاً بأداء مكوّنات أحيائية نشطة معيّنة. وتُعزز المواد الكيميائية النباتية التي تتمتع بخصائص مضادة للأكسدة الصحة الجيدة من خلال الوقاية من الضرر التأكسدي الناتج عن فصائل الأكسجين التفاعلي (براكاش وغوبتا، 2009).

وتوضح عدة دراسات أن كل من ثمار الصبّار وألواحه تتمتع بمستويات عالية من المغذيات، والمعادن، والفيتامينات المهمة، وكذلك مضادات الأكسدة. ويبدو نبات الصبّار مصدراً ممتازاً للمواد الكيميائية النباتية التي تتمتع بأهمية مغذية كالأدوية (المصطفى وآخرون، 2014). ويمكن استغلال نبات الصبّار بأكمله نظراً لإمكانية استخلاص مكوّناته الأحيائية النشطة من أجزائه المتنوعة مثل: الزهور، والثمار، والألواح، والجذور، والبذور (نازارينو، 2014). ويُلخص الشكل 4 أكثر الخصائص العلاجية ذات الصلة التي تُعزى إلى منتجات الصبّار.

الثمار

يُقلل تكميل النظام الغذائي بثمار الصبّار لإنسان يتمتع بصحة جيدة الإجهاد التأكسدي، بواسطة تحسين الحالة الشاملة المضادة للأكسدة. وتمت دراسة تأثير بيتالينات الصبّار على الإجهاد التأكسدي لدى البشر بواسطة تيسوريير وآخرون (2003، و2004، و2005(أ)، الذين أعلنوا أن تناول الثمار أدى إلى انخفاض في مؤشرات الإجهاد التأكسدي، وتثبيط أكسدة، وزيادة مقاومة خلايا الدم الحمراء لانحلال الدم التأكسدي في التجارب التي أجريت خارج الجسم الحي. وأوضح بودنسكي وآخرون (2001) أن الاستهلاك المنتظم لـ O. robusta يُقلل الضرر الذي ينتج عن الأكسدة.

ودرس زو وآخرون (2005) قدرة مستخلص ثمار الصبّار على كبح التسرطن في خطوط الخلايا السرطانية البشرية المزروعة في المختبر، والنموذج الحيواني في الجسم الحي. وأظهرت النتائج أن مستخلص الصبّار أوقف نمو الخلايا السرطانية في المبيض، والمثانة، وعنق الرحم في المختبر وكبح نمو الورم في الحيوانات الملقحة بالخلايا السرطانية في المبيض. وتم إعلان التأثيرات المضادة للتكاثر التي يتمتع بها البيتانين على خط خلايا الابيضاض النخاعي البشري المزمن - K562 من جانب سريكانث وآخرون (2007). وتمت معايرة مستخلصات ثمار O. humifusa ضد خطوط خلايا سرطان الثدي والورم البشرية (جوبلاستوما) (هاهم وآخرون، 2010). تُشير الدراسات الحديثة إلى أنشطة مضادة للسرطان جديرة بالملاحظة لمستخلصات الصبّار. وتمت مراجعة الأنشطة الوقائية الكيميائية والمضادة للسرطان للمستخلصات الخام من النباتات التي تنتمي إلى فصيلة الصبّاريات، وكذلك مكوّناتها النشطة الرئيسية جيداً من جانب هارليفو آخرين (2013).

الشكل رقم (4)

الخصائص العلاجية للصبّار

وقد أظهرت الدراسات التي تتم في المختبر والخاصة بالتفاعل بين البيتالينات المنقاة وحمض الهيبوكلوروز والبيروكسيداز النخاعي البشري التأثير المضاد للالتهاب لصبغات الثمار هذه (أليجرا وآخرون، 2005). ومؤخراً، تم إعلان التأثيرات المضادة للالتهاب الملحوظة للإنديكازانثين في نموذج حيواني (أليجرا وآخرون، 2014). وتمت دراسة التأثيرات المضادة للتقرح والمضادة للالتهاب المعدي لثمار الصبّار في الفئران الكبيرة بواسطة لي وآخرين (2001) وجالاتي وآخرين 2003(أ). واتضح تأثير عصير ومستخلص ثمرة O. ficus-indica لوقاية الكبد في الفئران الكبيرة (جالاتي وآخرون، 2005؛ وعليمي وآخرون، 2012). وأوضح كيم وآخرون (2006) تأثير مستخلصات ثمار O. ficus-indica الواقي للأعصاب من الإصابات التأكسدية للأعصاب المستحثة بواسطة السمينات التنبيهية في الخلايا القشرية في الفئران الصغيرة. كما أعلنوا أيضاً عن تجارب في الجسم الحي، حيث خفضت مستخلصات الثمار الميثانولية الضرر العصبي الناتج عن نقص التروية الشامل في حيوانات اليربوع بنسبة 36 في المائة ونسبوا هذه التأثيرات إلى التأثير المضاد للأكسدة للفلافونويد الأحيائي. وأعلن وولفرام وآخرون (2002) أن تناول 250 غرام يومياً من ثمار O. robusta أدى إلى تأثير مضاد لفرط شحميات الدم وتأثير مخفض للكوليسترول في البشر المصابين بفرط شحميات الدم وغير المصابين بداء السكري؛ وهناك أيضاً تقارير حول وجود تأثيرات على أيض الجلوكوز. ويمكن أن ننسب التأثير المخفض للكوليسترول إلى وجود الألياف (البكتينات) في الثمار من ضمن أسباب أخرى. وعلى الرغم من أن الآلية المخفِّضة لنسبة السكر في الدم لا تزال غير واضحة، تُشير البحوث إلى حدوث ذلك نظراً لأنه يبدو أن الثمار تُعزز – في كلٍ من الحالات المصابة بداء السكري وغير المصابة به – دخول الجلوكوز بشكل أسرع وأفضل داخل الخلية، ويُشتبه في تحسين الحساسية الخلوية تجاه الأنسولين. وقام وولفرام وآخرون (2003) بوصف تحسّن أداء الصفائح الدموية عند الاستهلاك المنتظم للصبّار (250 غرام يومياً) في المتطوعين الأصحاء وفي المرضى الذين يعانون من فرط الكوليسترول المتغاير الزيجوت العائلي المعتدل. ويستحث تناول الثمار تأثيرات مفيدة على أوعية القلب من خلال خفض نشاط الصفائح الدموية وتحسين توازن الرقوء.

الألواح

عندما تمت تغذية الفئران الكبيرة المصابة بفرط الكوليسترول بألواح O. ficus-indica، تم اكتشاف انخفاض ملحوظ في مستويات الكوليسترول والشحوم الثلاثية في عينات البلازما. وتمت ملاحظة التأثير المضاد لفرط شحميات الدم وانخفاض الكوليسترول في خنازير غينيا، والفئران الكبيرة، والفئران الصغيرة (جالاتي وآخرون، 2003(ب)؛ وأوه وليم، 2006). وأكدت التجارب التي أجريت على المصابين بداء السكري من النوع الثاني (غير المعتمدين على الأنسولين) التأثيرات المخفضة لنسبة السكر في الدم لألواح فصيلة Opuntia streptacantha.

وبالإضافة إلى ذلك، يُقلل استهلاك الألواح الناشئة السمنة ونسبة الجلوكوز في الدم. وتمت ملاحظة العامل المضاد للسمنة، والتأثير المخفِّض لنسبة السكر في الدم، والتأثيرات المضادة لداء السكري، جميعها، في الفئران الكبيرة والبشر (بويتيتي وآخرون، 2000؛ وفراتي موناري وآخرون، 2004؛ ويانج وآخرون، 2008).

واقترح جالاتي وآخرون (2001) أن ألواح O. ficus-indica تُحفِّز استجابة وقائية في المخاطية المعدية، ما يمنع تطور القرح المستحثة بالإيثانول (العلاج الوقائي) ويُعزز الشفاء الأسرع (العلاج الشفائي). والتأثير الواقي للخلايا الذي تتمتع به ألواح فصيلة O. ficus-indica يُعزى إلى الخصائص الفيزيائية الكيميائية للصمغ النباتي (جالاتي وآخرون، 2001). وتؤدي ألواح فصيلة O. ficus-indica إلى وقاية الخلايا من خلال زيادة إفراز المخاط في المخاطية المعدية في الفئران الكبيرة المتأثرة بالقرح المستحثة بالإيثانول (جالاتي وآخرون، 2002). ويوصى باستخدام وبإعطاء ألواح الصبّار لكلٍ من العلاج الوقائي والشفائي من قرحة المعدة (لي وآخرون، 2002(أ). ويمكن أن يُخفف مستخلص نبات Opuntia ficus-indica أعراض الصداع الشديد الناتج عن تناول الكحوليات في جسم الإنسان (ويزي وآخرون، 2004).

بالإضافة إلى ذلك، قام حفيظ وآخرون (2008) بإعلان التأثير الوقائي الذي يتمتع به عصير ألواح فصيلة Opuntia ficus-indica في مقاومة السمية المستحثة بالنيكل. وتم اكتشاف أن التعرض التجريبي للنيكل يولّد أنواع الأكسجين التفاعلي، ما يؤدي إلى زيادة فوق أكسدة الليبيدات، وفقدان سلامة الغشاء، وتغييرات في النظام الخلوي المضاد للأكسدة. وهناك إشارة إلى أن عصير الألواح يمكن أن يقي من الإجهاد التأكسدي ويُقلل المتغيّرات ذات الصلة في الفئران الكبيرة؛ وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يُبطل التناول المنتظم لعصير الألواح تأثيرات فوق الأكسدة التي يتمتع بها النيكل. وقام نكيبي وآخرون (2008) والزروقي وآخرون (2008) بإعلان تأثيرات وقائية مشابهة ضد الضرر التأكسدي المستحث بسميات متنوعة أيضاً. وقد تم أيضاً تقييم التأثير الواقي للأعصاب، من الإصابات التأكسدية العصبية، الذي تتمتع به مستخلصات فلافونايد فصيلة O. ficus-indica؛ وتم اكتشاف فعاليتها في خلايا الفئران الصغيرة القشرية المزروعة ومقاومتها لنقص التروية في حيوانات اليربوع (كيم وآخرون، 2006).

وقد تتمتع مستخلصات الألواح بتأثير واقي للكبد من التسمم الأفلاتوكسيني في الفئران الصغيرة؛ فمن المحتمل أن يكون لها تأثير من خلال تعزيز الأنظمة الدفاعية المضادة للأكسدة (براهمي وآخرون، 2011). وقد تم إجراء التجارب الخاصة بالتأثير المضاد للفيروسات الذي تتمتع به مستخلصات الصبّار.

وتم إعلان تمتع مستخلص ألواح فصيلة Opuntia streptacantha بخصائص مضادة للفيروسات لمواجهة فيروسات الحمض النووي، بما في ذلك الهربس، وفيروسات حمض الريبونوكلييك (RNA)، بما في ذلك فيروس النزلة الوافدة لنوع (أ) وفيروس العوز المناعي البشري. وكانت المادة النشطة تقع في النسيج الخارجي غير القشري، ويُعزى ذلك إلى بروتين تكون آليات تأثيره غير معروفة (أحمد وآخرون، 1996). وبحسب براءة اختراع دولية1 فإن لصبّار النوبال تأثيراً مضاداً لفيروس الهربس البسيط وفيروس النزلة الوافدة لنوع (أ). ويُعتقد أن مشتقات الكلوروفيل هي المركبات النشطة.

الجدول 1 الخصائص العلاجية لمنتجات الصبّار

فصائل الصبّار، وأجزاؤها، وأنشطتها	النظام الذي تمت دراسته والمرجع
التأثير المضاد للفيروسات	
مستخلص ألواح فصيلة O. streptacantha	وقف تكاثر الفيروس داخل الخلايا وإبطال تأثير الفيروس خارج الخلايا (أحمد وآخرون، 1996)
ألواح فصيلة Opuntia	خنازير غينيا (فرناندیز وآخرون، 1994)
التأثير المضاد لفرط شحميات الدم وانخفاض مستوى الكوليسترول	
ثمار فصيلة O. robusta	البشر المصابون بفرط شحميات الدم وغير المصابين بداء السكري (وولفرام وآخرون، 2002)
ألواح فصيلة O. ficus-indica	الفئران الكبيرة (جالاتي وآخرون، 2003(ب))
بذور فصيلة O. ficus-indica وزيت البذور	الفئران الكبيرة (النوري وآخرون، 2006(أ)، و(ب)، و2007)
فصيلةO. ficus-indica النوع سابوتين	الفئران الصغيرة (أوه وليم، 2006)
العامل المضاد للسمنة	
ألواح فصيلة Opuntia	البشر (فراتي موناري وآخرون، 2004)
فصيلة O. megacantha	الفئران الكبيرة المصابة بداء السكري (بوبتيتي وآخرون، 2000)
فصيلة O. lindheimeri	الخنازير المصابة بداء السكري (لورنز وآخرون، 2003)
التأثيرات المخفضة لنسبة السكر في الدم ومكافحة داء السكري	
ثمار فصائل O. ficus-indica، و O. lindheimeri، و O. robusta	الفئران الكبيرة المصابة بداء السكري (إنيجبوكان وآخرون، 1996)
فصيلة O. streptacantha	البشر (ميكس لوزيوا، 1986)
مستخلص ألواح فصيلة O. Monacantha	الفئران الكبيرة المصابة بداء السكري (يانج وآخرون، 2008)
بذور فصيلةO. ficus-indica وزيت البذور	الفئران الكبيرة (النوري وآخرون، 2006(أ)، و(ب))
فصيلة O. streptacantha	البشر (فراتي موناري وآخرون، 1992)
مستخلص ثمار فصيلة O. filiginosa	الفئران الكبيرة (تريجو غونزاليس وآخرون، 1996)
التأثيرات المضادة للالتهاب	
مستخلصات فصيلة O. humifusa وإنديكازانثين من فصيلةO. indica-ficus	الخلايا البلعمية المنتجة لأكسيد النتريك (شو وآخرون، 2006)؛ التهاب الجنبة في الفئران الكبيرة (أليجرا وآخرون، 2014)
الخصائص الشفائية	
ألواح فصيلة O. ficus-indica	البشر (هجوود، 1990)
وقاية الأعصاب	
مستخلص فصيلةO. ficus-indica النوع سابوتين	الخلايا القشرية المزروعة الأولية (دوك غو وآخرون، 2003)
مستخلصات ثمار O. ficus-indica	التجارب المخبرية على الخلايا القشرية المزروعة للفئران الصغيرة والدراسات المجراة في الجسم الحي في حيوانات اليربوع (كيم وآخرون، 2006)
التأثيرات المضادة للتقرح والمضادة للالتهاب المعدي	
ألواح فصيلة O. ficus-indica	الفئران الكبيرة (جالاتي وآخرون، 2001، و2002)
عصير ثمار فصيلة O. ficus-indica	الفئران الكبيرة (جالاتي وآخرون، 2003(أ))
جذوع فصيلة O. ficus-indica النوع سابوتين	الفئران الكبيرة (لي وآخرون، 2002(أ))
ثمرة فصيلة O. ficus-indica	الفئران الكبيرة (لي وآخرون، 2001)
التأثير المخفض للإجهاد التأكسدي في البشر	
ثمار فصيلة O. ficus-indica	البشر (تيسوريير وآخرون، 2004)؛ LDL بشري في المختبر (تيسوريير وآخرون، 2003) خلايا بشرية خارج الجسم الحي (تيسوريير وآخرون، 2005(ب))
ثمار فصيلة O. robusta	البشر (بودنسكي وآخرون، 2001)
تخفيف أعراض الصداع الشديد الناتج عن تناول الكحوليات	
مستخلص نبات O. ficus-indica	البشر (ويزي وآخرون، 2004)
الوقاية من السمية المستحثة بالنيكل	
مستخلص ألواح فصيلة O. ficus-indica	الفئران الكبيرة (حفيظ وآخرون، 2008)
الوقاية من الضرر التأكسدي المستحث بالزيرالينون	
ألواح فصيلة O. ficus-indica	الفئران الصغيرة (الزروقي وآخرون، 2008)

(تابع)

فصائل الصبّار، وأجزاؤها، وأنشطتها	النظام الذي تمت دراسته والمرجع
التأثير المدر للبول	
ألواح فصيلة O. ficus-indica، وزهورها، والثمار غير التجارية	الفئران الكبيرة (جالاتي وآخرون، 2002)
تقليل تضرر DNA	
مستخلص ثمار فصيلة O. ficus-indica	الخلايا اللمفاوية البشرية المحيطية (سيريواردهانا وآخرون، 2006)
الخصائص الواقية من السرطان	
المستخلصات المائية من ثمار فصيلة O. ficus-indica	الخلايا الظهارية في المبيض وعنق الرحم، وكذلك الخلايا السرطانية في المبيض، وعنق الرحم، والمثانة (زو وآخرون، 2005)، والخلايا السرطانية في المبيض (فويجانج وآخرون، 2010)؛ وخطوط خلايا الابيضاض (سريكانث وآخرون، 2007)
مستخلصات ثمار فصيلة O. humifusa	خطوط خلايا سرطان الثدي والورم الدبقي البشرية (هاهم وآخرون، 2010؛ وهارليف وآخرون، 2013)
عصير ثمار فصائل Opuntia	خلايا سرطان البروستاتا، والقولون، والثدي، والكبد (تشافيز سانتوسكوي وآخرون، 2009)
مستخلصات فصائل Hylocereus	التأثير المضاد للتكاثر في المختبر (كيم وآخرون، 2011؛ ووه وآخرون؛ وجاياكوماروكانثيماثي، 2011)
مسحوق ثمار الصبّار من فصيلة O. humifusa	انخفاض عدد الأورام الحلمية والتنسجات تحت الجلدية في الفئران الصغيرة (لي وآخرون، 2012)
وقاية الكبد	
عصير ومستخلص ثمار فصيلة O. ficus-indica	الكبد (جالاتي وآخرون، 2005؛ وعليمي وآخرون، 2012؛ وبراهمي وآخرون، 2011؛ ونكيبي وآخرون، 2008)
القدرة على منع تكسر الكروموزومات	
عصير ثمار الصبّار	الفئران الصغيرة (مادريجال سانتيلان وآخرون، 2013)
زيادة كثافة العظام	
الألواح المجففة بالتجميد لفصيلة O. humifusa	الفئران الكبيرة (كانج وآخرون، 2102)
تحسّن الحساسية تجاه الأنسولين	
الألواح المجففة بالتجميد لفصيلة O. humifusa	الفئران الكبيرة (كانج وآخرون، 2102)

الآفاق المستقبلية

يمكن اعتبار الصبّاريات مصدراً مهماً للمواد الأحيائية النشطة ونباتات ممتازة موصى بها لتحضير الأغذية الدوائية وكذا الأغذية ذات فائدة للوظائف البشرية. وتكشف البيانات العلمية احتواء الثمار، والألواح، والبذور، والزهور على نسبة عالية من المكوّنات الكيميائية، ما يُضيف قيمة لمنتجات الصبّار. وبالإضافة إلى ذلك، تتسم بعض المكوّنات بخصائص واعدة كمواد معززة للصحة. وتتوافر عدة منتجات مصنعة حالياً في سوق الأدوية المغذية الذي يستفيد من الخصائص العلاجية لنباتات الصبّار. وتتم معالجة الثمار لتحضير الحلويات، والأشربة، والمربيات (الأطعمة التي تُدهن على الخبز)، ويمكن استخدام عصير الثمار لعلاج حالات الصداع الشديد. ويتم الترويج لعصير الصبّار الطبيعي كعصير صحي يروي الظمأ وغنيّ بفيتامين (ج)، والفلافونايد، ومضادات الأكسدة، وكعامل مضاد للشيخوخة ومضاد للالتهابات. ويُعتبر أيضاً عاملاً يُعزز صحة المثانة للخلايا ويخلّص الجسم من السموم.

وهناك مجال للاستفادة أكثر من الخصائص الوظيفية لمنتجات الصبّار في الصناعات الغذائية، والتجميلية، والصيدلانية، ولكن لا تزال هناك حاجة إلى إجراء مزيد من البحوث العلمية في هذه المجالات. وعلى الرغم من التقدم الكبير الذي تحقق حتى يومنا هذا، يبقى الكثير بحاجة إلى الاستكشاف. فألواح الصبّار تتمتع بخصائص معزّزة للصحة، ويتم تجفيفها أو تحويلها إلى مسحوق لتحضير حبوب وكبسولات النوبال. ومن ناحية أخرى، يتم استخدام زيت البذور في مستحضرات التجميل. إن زيادة الطلب على الأدوية المغذية والمنتجات الصحية عالمياً يصاحبه تطوّر في المنتجات الطبيعية لعلاج الأمراض البشرية والوقاية منها.

هناك حاجة إلى إجراء المزيد من الدراسات على فصائل الصبّار لاكتشاف مركبات نشطة جديدة وتطبيقاتها الصيدلانية والصناعية. وبالإضافة إلى ذلك، يجب اختبار المستحضرات المضادة للأكسدة بحثاً عن التأثيرات المؤازرة الممكنة بين المكوّنات. وينبغي تحفيز الطلب في الأسواق من خلال الترويج لخصائص الصبّار هذه. وعلى الرغم من معرفة الخصائص المفيدة للصبّار منذ القدم، إلا أنه لم يتم إثباتها علميا إلا مؤخراً.

14

سلع وخدمات النظام الإيكولوجي للصبّار

Mounir Louhaichi(1), Ali Nefzaoui(2), Juan Carlos Guevara(3)
[1] المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، عمان، الأردن
[2] المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة، تونس، تونس
[3] المعهد الدولي لبحوث الأراضي القاحلة، مندوزا، الأرجنتين

14 سلع وخدمات النظام الإيكولوجي للصبّار

المقدمة

تتضمن فصيلة الصبّاريات حوالي 600 1 فصيلة أمريكية الأصل، ولكنها منتشرة حول العالم. ويُعد النوع Opuntia أكثر نوع معروف على نطاق واسع في هذه الفصيلة، وتتم زراعة الفصيلة O.ficus-indica (L.)Mill. في أكثر من 20 بلداً (نفزاوي وآخرون، 2014). وتتم زراعة الصبّاريات على 2,6 مليون هكتار في العالم، وتُستخدم في الأغلب لإنتاج العلف: في تونس (600 ألف هكتار)، والمكسيك (230 ألف هكتار)، والجزائر (150 ألف هكتار) (نفزاوي وبن سالم، 2006)؛ وفي جنوب أفريقيا (525 ألف هكتار)، وإثيوبيا (355 ألف هكتار) (ريفيلز هيرنانديز وآخرون، 2010)؛ وفي البرازيل (أكثر من 600 ألف هكتار) (توريس ساليس، 2010)؛ وفي جنوب المغرب (90 ألف هكتار) (أنيغايوبوتوبا، 2010). وفي الأرجنتين، تُقدَّر المساحة المزروعة من الصبّار بعشرة آلاف هكتار لإنتاج العلف وثمار الفاكهة، حيث يكون الشّراب المحلّى منتجاً ثانوياً (دوبيوكس وآخرون، 2013)؛ وقُدرت المساحة المزروعة من Opuntia المخصّصة لإنتاج ثمار الفاكهة فقط بألفي هكتار في عام 2003 (أوتشوا، 2006).

وتُعد درجات حرارة الشتاء الباردة العائق الأساسي أمام زراعة الصبّار في مناطق من الأرجنتين وشمال المكسيك (بوريغوإسكالانت وآخرون، 1990)، وحوض البحر المتوسط (لهويرو، 1996أ)، وسهوب الهضاب القاحلة في غرب آسيا (لهويرو، 1996ب)، وجنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية (باريش وفيلكر، 1997). وفي ظل نطاق من الظروف المناخية، يستدل على الحد الحراري للفصائل الحساسة تجاه الصقيع بما في ذلك صبّار O. ficus-indica بمتوسط أدنى درجة حرارة يومية في الشهر الذي يتّسم بأقصى برودة تتراوح من 1,5 إلى 2,0 درجة مئوية (لهويرو، 1995). ويمكن أن يبقى الصبّار، وشجيرات العلف الأخرى التي تتحمل الجفاف وتتميز بكفاءة في استخدام المياه، حياً بقدر ضئيل من المطر يُعادل 50 ميليمتر في العام ، ولكن دون نمو أو إنتاج. ومتوسط الأمطار السنوي الذي يُعادل 100 - 150 ميليمتر هو المتطلب الأدنى لإنشاء بساتين ناجحة للصبّار الذي يتغذى على المطر (لهويرو، 1994)، شرط أن تكون التربة رملية وعميقة (لهويرو، 1996أ). وقد تم إنشاء بساتين علف تتحمل الجفاف وتتميز بكفاءة في استخدام المياه، وخاصةً فصيلة Opuntia، كاحتياطيات تغذية مخزَّنة كاستراتيجية لتخفيف آثار الجفاف في أنظمة الإنتاج الحيواني في مناطق قاحلة وشبه قاحلة متنوعة في أنحاء العالم (لهويرو، 1991). وتتمتع الصبّاريات بكفاءة جيدة في استخدام المياه، بفضل المسار التفاعلي لأيض حمض لكراسولاسين (هان وفيلكر، 1997؛ ونوبل، 1991، 1994)؛ ولهذا السبب، فإنها مناسبة بصفة خاصة لإنتاج العلف في الأرض القاحلة.

ويمكن أن تتحمل فصيلة Opuntiaالجفاف الطويل، ودرجات الحرارة المرتفعة، والانجراف المائي والهوائي. وهذه القدرة، بالإضافة إلى النّطاق الواسع من الاستخدامات الاقتصادية، تجعلها الأمثل للإنماء الزراعي في المناطق المتأثرة بأكبر مشكلتين بيئيتين في العالم وهما: التصحر وتغيّر المناخ (نفزاوي والمريد، 2008).

والصفات «متواضع»، و«عدواني»، و«أخضر ذهبي»، و«جوهرة خضراء»، و«فاكهة الفقراء»، و«فاكهة الأشواك والأفراح»، و«كنز لا يُقدَّر بثمن»، و«كنز تحت الأشواك»، و«الجمل العربي في العالم النباتي»، و«نبات المستقبل»، و«الشجرة الهائلة» تعتبر بعضا من الصفات العديدة المستخدمة لوصف نبات وفاكهة الصبّار (فصيلة Opuntia) .وهي تعكس ما يعنيه مصطلح « الصبّار» لهؤلاء الذين يعملون أو يعيشون مع نبات يحبه ويقدره الكثيرون، ولكن يهابه ويكرهه آخرون. وفي أي حال، يستمر هذا النبات «المتواضع» بهدوء، ولكن بثبات، في احتلال مركز الصدارة في البرامج التي تستهدف الإنماء الزراعي للمناطق القاحلة وشبه القاحلة في العديد من البلدان.

والصبّاريات، المتوطنة في أمريكا، متجذّرة في العديد من ثقافات الأمريكيين الأصليين. على سبيل المثال، يعد الصبّار (Opuntia spp.) أحد أهمّ الموارد في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في المكسيك، حيث كان له تأثير على الثقافة، والتاريخ، والعادات. وفي الحياة الاجتماعية، والاقتصادية، والدينية للآزتيك، لعب النبات دوراً مهماً للغاية وكان رمز تينوتشتيتلان العظمى (مدينة المكسيك الآن) عبارة عن صقر على نبتة صبّار يلتهم ثعباناً. وتم تضمين هذا الرمز في الشعار الوطني المكسيكي في يومنا هذا. وترتبط Opuntiaأيضاً بمشاعر الوحدة الوطنية في المكسيك وترتبط بشكل متكرر بعذراء غوادالوبي والقديس الهندي خوانديبغو.

ويُعد الصبّار تونا في يومنا هذا جزءاً من البيئة الطبيعية، وقد تم دمجه في ثقافة العديد من البلدان حيث يتأقلم جيداً مع المناطق التي تتسم بالجفاف، وعدم انتظام سقوط المطر، والتربة الفقيرة المعرّضة للتعرية. وهو مستقدم إلى المنظر الطبيعي كجزء من النباتات المحلية، كما يمكن أن يتضح من البطاقات البريدية والإعلانات السياحية في إيطاليا، وإسبانيا، والمغرب، وإسرائيل، وكينيا، واليمن، والسعودية. وبصورة ملحوظة، قام لورينزو برنيني (1598 - 1680) بتضمين الصبّار في نافورة الأنهار الأربعة في ساحة نافونا في روما حيث يتم تمثيل نهر ريوديلابلاتا.

الجدل بشأن كون النبات مفيداً أم ضاراً يتوقف على الفصيلة، وأين، ومتى، وكيف نمت، وعلى من تنطبق. وهناك تقييمات متناقضة، حقيقية في حالة وغير حقيقية في حالة أخرى، بناءً على التجارب في

ظل الظروف البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية المختلفة.

وتتطور المواقف المختلفة بناءً على الواقع الفردي. على سبيل المثال، في أستراليا وجنوب أفريقيا، تم استخدام المكافحة الأحيائية لوقف تمدد النبات بل وإبادته في مناطق معيّنة. وفي إثيوبيا وإريتريا، من ناحية أخرى، حيث يكون المناخ مناسباً ولا يوجد أعداء طبيعيون، اجتاح الصبّار بفعالية آلاف الهكتارات بعد إدخاله منذ أكثر من 150 عاماً. وفي أيّة حالة، بينما يمكن التأثير على الموارد الوراثية للنباتات المحلية، الواقع الحالي يفيد أنه بعد كل هذه الأعوام، يعتمد الناس اقتصادياً على أطعمة الصبّار ومنتجاته، بغض النظر عما إذا كان إدخاله نعمة أم نقمة. وتعتبر قدرته على التّكيّف وسرعة التمدّد في المناطق البرية أو في المناطق المضطربة سابقاً بسبب التدخل البشري موضوعا آخر يستحق البحث. ويُعتبر الصبّار أكثر من مفيد: فهو نبات حيوي قد تمت تسميته بـ «المحصول الذي يحفظ أرواح البشر والحيوانات»، وخاصةً في أوقات الجفاف القاسي (أرياس جيمينيز، 2013ب).

وهناك أسباب عديدة وراء انتشار فصيلة Opuntia حول العالم، وخاصةً O. ficus-indica، بما في ذلك:

- ممارسات الزراعة البسيطة المطلوبة لنمو المحصول؛
- التأقلم السريع فوراً بعد غرسه في منطقة جديدة؛
- ممارسات المضاعفة السهلة التي تؤدي إلى الانتشار السريع وتبادل المادة بين المستخدمين؛
- القدرة على النمو في الظروف القاسية للغاية التي تتميز بارتفاع درجة الحرارة، ونقص المياه، وفقر التربة؛
- توفير الدخل من بيع الفواكه ذات القيمة الكبيرة والمرغوب فيها؛
- استخدام الجذوع في النظام الغذائي البشري وكعلف للماشية؛
- النشر المفيد للنباتات لتشييد أسوار الحقول ؛
- القيمة الغذائية للفواكه كثيرة العصارة؛
- طول مدة صلاحية الثمرة؛
- إنتاج نطاق واسع من المشتقات الصناعية من الفاكهة.

وقد ساهمت هذه العوامل وعوامل أخرى في هذا الانتشار الواسع، من مناطق المنشأ في أمريكا اللاتينية إلى المناطق البعيدة، عابرة للقارات، والثقافات، والعادات.

الهدف الرئيسي من هذا الفصل

على الرغم من أهمية صبّار (*Opuntia*) البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية، إلا أنه لم يحظ حتى الآن بانتباه علمي، وسياسي، وإعلامي كبير. وينتج عن مزارع الصبّار التي تتم المحافظة عليها جيداً تأثيرات خارجية إيجابية علاوة على السلع والخدمات البيئية: حيث يمكن أن تلعب دوراً رئيسياً، ليس فقط في ما يتعلق بتحسين التنوع البيولوجي وعزل الكربون، بل بالمنظر الطبيعي وحفظ الطبيعة، وتخفيف تعرية التربة، وحماية المياه، والتراث الثقافي. ومع ذلك، هذه الخدمات العامة ليس لها تسعيرة سوقية ويصعب تصنيفها، كما أنها بالغة التشابك بطرق ديناميكية معقدة ويصعب قياسها. يجب الأخذ في الاعتبار الروابط القوية بين إنتاج الصبّار وتوفير سلع وخدمات في أنظمة بيئية مختلفة، وخاصةً المناطق الهامشية ودمجها في إطار تقييم معياري لمعرفة تأثيراتها البيئية على الإنتاج الزراعي. **والهدف الرئيسي من هذا الفصل هو تسليط الضوء على فوائد الصبّار .**

تحسين المراعي

لقد تم تحسين المراعي باستخدام الصبّار الأملس منذ أوائل 1930-1940، وبشكل رئيسي في شمال أفريقيا. وقد أوضح ليهويرو (2002) أنه تم إنماء بساتين العلف بشكل نظامي، وخاصةً في تونس، بعد البحث المجرى بواسطة غريفيث وزملائه في تكساس، في الولايات المتحدة الأمريكية. وتمت دعوة غريفيث من جانب الحكومة التونسية في عام 1932 وقد تم تطبيق خبرته التي تُعادل 30 عاماً في استخدام الصبّار كعلف في وسط تونس لتخفيف تأثيرات الجفاف على الماشية. وقامت الحكومة بدعم إنماء الصبّار لكي يُستخدم كعلف. وتم التصريح بمخصصات الأراضي المشروطة في وسط تونس بشرط أن يقوم المستفيدون المتعاقدون بزراعة الصبّار الأملس في عشرة في المائة من الأرض المخصصة. وكان الغرض من ذلك هو توفير احتياطي محصول علف لحالات الطوارئ يكون متاحاً كمخزون في أوقات نقص العلف. وكان هذا بمثابة تحرك استراتيجي حيث واجهت البلد ثلاث سنوات من الجفاف القاسي من 1946 إلى 1948 هلكت فيها الماشية بنسبة تتراوح بين 70 و75 في المائة. وقد لاحظ الذين لديهم مزارع الصبّار خسائر أقل في الماشية (ليهويرو، 2002).

وتناسب زراعة الصبّار أماكن عديدة، خصوصاً عندما تكون البيئة محدودة للغاية أو تمثل تحديات أمام المحاصيل الزراعية التقليدية أو حيث تكون الأرض بحاجة إلى الإصلاح. ويوصى بزراعة الصبّار في أنواع التربة السطحية للغاية، أو الصخرية للغاية، أو المنحدرة للغاية، أو الرملية للغاية، أو عندما يكون المناخ جافاً للغاية بالنسبة للزراعة العملية. وكنتيجة لذلك، تلعب الصبّاريات دوراً رئيسياً في استراتيجيات الإصلاح لتحسين المراعي، أو الأحراج، أو الأدغال، أو مناطق الزراعة الفقيرة. وبالنسبة إلى الإصلاح، تكون كثافة الغرس بمعدل ألف أو ألفي نبتة من الصبّار فردية أو مزدوجة لكل هكتار، بمسافة تباعد تُعادل بين خمسة وسبعة أمتار بين الصفوف ومن المتر الواحد إلى المترين داخل الصفوف. وبصفة عامة، لا يتم تطبيق عمليات الإخصاب، والتقليم، وعلاج الآفات/ الأمراض، ولكن يمكن تطبيقها لتحسين الإنتاجية. وأحياناً، إذا كان الجفاف شديداً للغاية في العام الأول، يتم تطبيق الري التكميلي أثناء الإنشاء. ويمكن أن تصبح الحقول منتجة بعد ما بين ثلاثة وأربعة أعوام ويكتمل نموها بعد سبعة إلى عشرة أعوام؛ ويمكن أن تظل منتجة لما يزيد على 50 عاماً إذا تمت إدارتها بشكل جيد. ونظراً لأن فصيلة Opuntia يمكن أن تبقى حية بأدنى مستوى من الاهتمام، يوصى بزراعتها في برامج الإصلاح.

ولا يعتبر الاهتمام المكثف متطلباً أساسياً لبقاء الصبّار حياً، ولكن يمكن أن تصل الحقول إلى أقصى مستوى من الإنتاجية إذا تم تطبيق الممارسات الملائمة. ويمكن زيادة إنتاجية المراعي المزروعة بالصبّار من واحد إلى عشرة عندما تكون المراعي متدهورة للغاية، ومن واحد إلى خمسة عندما تكون المراعي بحالة جيدة (ليهويرو وآخرون، 1991). وقام نفزاوي والمريد (2009)

بمقارنة إنتاجية المراعي في وسط تونس عند إصلاحها بالصبّار Opuntia ficus-indica والشجيرات سريعة النمو Acacia cyanophylla وقد أدى هذا الإصلاح إلى معدلات إنتاجية أعلى من المعدلات الناتجة بواسطة الإصلاح بالشجيرات سريعة النمو A. cyanophylla (الجدول 1).

وهناك فصائل نباتات قليلة قادرة على زيادة إنتاجية الأراضي عند المعدل المرتفع المذكور أعلاه، وخاصةً في حالة الأراضي الهامشية. وتكون الصبّاريات من هذه النباتات القليلة نظراً لتميزها بالكفاءة في استخدام مياه الأمطار.

وفي الواقع، مراعي البحر المتوسط المتدهورة تتصف بكفاءة استخدام مياه الأمطار تعادل بين واحد وثلاثة كيلوغرامات من المادة الجافة لكل هكتار لكل ميلمتر في السنة. وتبدي المراعي التي تكون بحالة جيدة كفاءة في استخدام مياه الأمطار تتراوح بين بين أربعة وستة، وقد تتصف المراعي المتدهورة بكفاءة ضئيلة في استخدام مياه الأمطار تتراوح بين 0,1 - 0,5 (ليهويرو، 1984). وعلى النقيض، تُبدي المراعي التي تم إصلاحها بالصبّار Opuntia ficus-indica كفاءة في استخدام مياه الأمطار تعادل من 10 - 20 كيلوغرام من المادة الجافة فوق سطح الأرض لكل هكتار لكل ميلمتر في السنة في المناطق القاحلة التي تتميز بهطول أمطار سنوي بما يتراوح من 200 - 400 ميلمتر.

التخفيف من تعرية التربة

يحدث تدهور الأراضي في جميع القارات، ويؤثر على سبل كسب العيش لملايين البشر، بما في ذلك نسبة كبيرة من الفقراء الذين يعيشون في الأراضي الجافة (نفزاوي وآخرون، 2014). وتُغطي المناطق الجافة التي تعاني من عجز سنوي في الرطوبة يصل إلى أكثر من 50 في المائة، حوالي 40 في المائة من سطح اليابسة على كوكب الأرض. ويعاني أكثر من 70 في المائة من جميع المناطق الجافة من التصحر، وتُعادل حالياً حوالي 36 مليون كيلومتر مربع (وينكلر، 2002). وتُعد المياه والتربة من أثمن الموارد الطبيعية المتجددة. تجنب الجفاف ووضع استراتيجيات للتصدي له أمر حتمي: على سبيل المثال، من خلال اختيار المحاصيل التي تتحمل الجفاف، والحفاظ على كثافات النباتات المنخفضة، وتطبيق سياسات حفظ وحصد المياه. ومع ذلك، يُصبح جزء صغير فقط من الأمطار عبارة عن رطوبة تربة قابلة للاستخدام: بين واحد وعشرة في المائة من الأمطار التي تسقط في الأراضي الجافة تتجمع في نسيج النباتات الطبيعية والمحاصيل التي تتميز بأهمية اقتصادية (البلتاجي، 1999). ويتم تسريع الانجراف بفعل المياه بواسطة الحراثة في اتجاه المنحدرات وهوامش الأخاديد. وتقل إنتاجية التربة بسرعة.

وتتأثر التربة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة تأثراً بالغاً بالتعرية بفعل المياه (كورنيليس، 2006)، ويرجع ذلك في الغالب إلى ندرة الغطاء النباتي، وانخفاض محتوى المادة العضوية، وضعف مقاومة قوى التعرية. ويتوقف حجم التعرية بفعل المياه أيضاً على القوام، ومحتوى المياه، والتبخر، والرشح، والنض. وخصائص التربة هذه غير مؤاتية لمقاومة التربة للتعرية بفعل المياه (دي أودوريكو وبوربوراتو، 2006). وفي المناطق القاحلة وشبه القاحلة، تتعرض أنواع التربة ذات الغطاء النباتي الضئيل أو الخالية من الغطاء النباتي لحوادث الأمطار الجارفة، التي تتميز بقصر المدة وارتفاع الكثافة، وتكون عرضة للعمليات الفيزيائية والكيميائية التي تُغير ظروف الطبقة السطحية، بما في ذلك منع التسرب من السطح والتقشّر. وعندما يكون السطح جافاً، تتكون طبقة صلبة (قشرة). وعادةً، ما تتواجد أنواع التربة المتقشرة في المناطق الجافة، حيث يتم تحفيز تدهور التربة بواسطة تناقص معدلات الرشح وزيادة معدلات الجريان السطحي والتعرية (ريس وهيرت، 2008). وتكون المناطق القاحلة وشبه القاحلة عبارة عن بيئات هشّة حيث يكون الغطاء النباتي نادراً وتحدث عمليات تعرية التربة بسرعة وبشدة بعد هطول الأمطار. ومع ذلك، حتى في ظل هذه الظروف، تلعب النباتات الأصلية دوراً مهماً للغاية في تنظيم العمليات الهيدرولوجية السطحية (فاسكويز منديز وآخرون، 2011).

وتعتبر مكافحة التعرية استخداما مهما آخر للصبّار (الفصيلة Opuntia spp.)، حيث ينمو بسرعة، وله جذور صغيرة تنمو مرة أخرى كل عام من الجذر الرئيسي أثناء أوقات هطول الأمطار. وفي فترات الجفاف، تموت الجذور الصغيرة، حيث تُضيف مادة عضوية للتربة.

ومع زيادة محتوى المادة العضوية، يكون من السّهل امتصاص التربة لمياه الأمطار. تستخدم فصيلة Opuntia spp. في برامج مكافحة الانجراف والتصحر؛ وهي تتسم بقدرتها الفائقة على التأقلم، وتنمو في التربة شديدة التدهور التي تكون غير مناسبة للمحاصيل الأخرى، وتكون مثالية للاستجابة للزيادات في مستويات ثاني أكسيد الكربون في الجو. وتكون فصيلة Opuntia مهمة أيضاً كغطاء للمناطق القاحلة وشبه القاحلة، لأنها تستطيع أن تبقى حيّة وتنتشر في ظل ظروف الأمطار النادرة وغير المنتظمة وفي درجات الحرارة المرتفعة (رينولدز وأرياس، 2001).

الجدول 1 إنتاجية (وحدات العلف لكل هكتار) للمراعي الطبيعية والمحسَّنة في تونس (نفزاوي والمريد، 2009)

نوع المرعى	الإنتاجية (وحدة العلف لكل هكتار) أ
مرعى طبيعي في ظاهر تطاوين، تونس (100 ملم من الأمطار)	100 - 35
مرعى خاص محسَّن بواسطة محصول الصبار في أولاد فرحان، تونس (250 ملم من الأمطار)	1 000 - 00
في غطيس، تونس Acacia cyanophylla مرعى تعاوني محسَّن من خلال (200 ملم من الأمطار)	500 - 400

أ وحدة علف واحدة تُعادل 1 كلغ من الطاقة القابلة للاستقلاب من حبوب الشعير.

الاختبارات التي تتضمن زراعة الصبّار لسياجات حصاد المياه، والأخاديد المحورية، وهياكل ضبط الأخاديد، والمكافحة البيولوجية لجداول والأخاديد الصغيرة كانت لها نتائج جيدة. وتتكون الأخاديد المحورية من أخاديد صخرية متوازية مبنية بمسافة متباعدة تُعادل من بين خمسة وعشرة أمتار لمنع جريان المياه (والتربة التي تحملها) من إتلاف مناطق المصب. ويجمع كل أخدود الماء الجاري من المنطقة المتواجدة عند المنبع/ المرتفَع مباشرةً، والذي يتم توجيهه إلى حقل صغير من شجيرات العلف الصبّار. ومن خلال توليفة من الأخاديد المصممة جيداً بالصبّار، يستطيع المزارعون الحصول على نسبة كبيرة من العلف الذي يحتاجونه. وفي شمال أفريقيا، وخاصةً في تونس، يرتبط الصبّار بنجاح بهياكل جمع المياه. وتلعب سياجات الصبّار، المزروعة وفقاً للخطوط المحورية دورا رئيسياً في مكافحة التعرية (الشكل 1). وتتحسن الخصائص الفيزيائية للتربة ومحتوى المواد العضوية إلى حدٍ كبير تحت هذه السياجات وفي المناطق المجاورة مباشرةً، مع تحسّن في المادة العضوية والنيتروجين مقارنةً بالحقول غير المعالجة. وقد كانت هناك تقارير بمعدلات زيادة تصل إلى 40 - 200 في المائة في المادة العضوية والنيتروجين. يتحسن الاستقرار الهيكلي للتربة السطحية، وتقل الحساسية تجاه تقشّر السطح، والجريان السطحي، والتعرية، وتزيد النفاذية والقدرة على تخزين المياه. وقد تم إصلاح الأراضي الهامشية بتكلفة منخفضة في تونس والجزائر بواسطة الزراعة المحورية للصبّاريات (نفزاوي وآخرون، 2011).

وبمقارنةً أنظمة الزراعة المختلفة، كالزراعة في المنحدرات، والزراعة المحورية، والتعشيب المنخفض، والزراعة البينية بواسطة السياجات المحورية، وُجد أن فقد التربة (1,13 - 0,26طن لكل هكتار في السنة) يصل إلى أدنى مستوى له مع السياجات المحورية. وقد تُساعد زراعة الصبّار في سياج محوري على الاحتفاظ بما يقل عن أو يساوي 100 طن من التربة لكل هكتار في السنة. وتُظهر التجارب التي أجريت في البرازيل وتونس بوضوح أن زراعة الصبّار في نظام الزراعة الحراجية تكون أكثر كفاءة لحفظ التربة والمياه من الاستخدام التقليدي للأراضي (الجدول 2) (مارغوليس وآخرون، 1985).

الشكل رقم (1)

الإدارة في تونس لحماية مستجمع المياه

يمكن أن يُحرك هبوب عواصف ترابية هائلة في الصحراء 66 - 220 مليون طن من الرواسب الدقيقة في كل عام. والتعرية بفعل الرياح هي السبب الرئيسي لتدهور التربة على الأراضي الزراعية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة حول العالم. فالرياح تُتلف التربة عن طريق إزالة مكوّنات التربة الأخف، والأكثر خصوبة، والأقل كثافة، بما في ذلك المادة العضوية، والطين، والطمي.

انخفاض إنتاجية التربة ليس التأثير الوحيد للتعرية بفعل الرياح على الزراعة. فالرواسب المبعثرة تقطع النباتات وتسلخ ألواحها ، وتُقلل من بقاء ونمو النباتات الصغيرة ، وتُخفض من عائدات المحاصيل ، ويمكن أن تزيد في قابلية التعرض للأمراض وانتشار العوامل المسببة لأمراض النباتات (نورث كت، 2001). وفي الأراضي القاحلة المعرضة للتعرية بفعل الرياح، الصبّار المزروع وحده كحاجز بيولوجي أو مع حواجز فيزيائية يعد بمثابة طريقة

الجدول 2 مقارنة فقد التربة (طن لكل هكتار في السنة) في ظل زراعة محاصيل مختلفة في المناطق شبه القاحلة في أقصى شمال البرازيل (مارغوليس وآخرون، 1985)

نوع المحصول	مرحلة إعداد التربة	مرحلة الزراعة	الحصاد حتى موسم النمو التالي	إجمالي فقد التربة	معامل (ج)
تربة عارية	7,19	8,2	13,71	29,1	1
قطن	2,42	1,77	6,72	10,91	0.392
ذرة	1,51	0,68	3,75	5,94	0,199
ذرة + فول	1,36	0,55	2,02	3,93	0,119
صبّار (Opuntia ficus-indica)	0,48	0,02	1,48	1,98	0,072
عشبة دائمة	0	0,02	0,01	0,03	0,001

سهلة، ورخيصة، وفعالة في منع فقد التربة السطحية وحمايتها ، كما يُسهل تراكم الرواسب التي تحملها الرياح.

وتُعتبر النتائج المتفرقة نوعاً ما، والتي تم الحصول عليها حتى اليوم، دليلاً على انعدام البحث في هذا المجال. وتُعتبر الإجراءات التنموية قائمة بصفة رئيسية على الفرضيات والملاحظات التي جمعها الممارسون (نفزاوي والمريد، 2010).

وتعيش فصائل عديدة من الصبّاريات في البيئات القاحلة وتتحمل الجفاف إلى أقصى حد. إحدى تقنيات البقاء بالنسبة إلى O. microdasys (Lehm.) Pfeiff)، وهي فصيلة شأت في صحراء شيواوية، تتمثل في نظام جمع الضباب الفريد والفعال الخاص بها، والذي يعزى إلى تكامل هياكلها السطحية متعددة المستويات (جو وآخرون، 2012؛ وباي وآخرون، 2015). ويشتمل هذا النظام على عناقيد من أشواك مخروطية وزغب نباتية موزعة بشكل جيد على لوح الصبّار؛ حيث تحتوي كل شوكة على ثلاثة أجزاء متكاملة، كل منها له دور مختلف في جمع الضباب بناءً على خصائصه الهيكلية السطحية. ويتيح معدل انحدار ضغط لابلاس، ومعدل انحدار الطاقة الحرة السطحية، والتكامل متعدد الوظائف جمع الضباب بكفاءة. وهناك أيضاً دليل على أن بعض فصائل الصبّار يمكن أن تُجمّع الندى على ألواحها وأشواكها (مالك وآخرون، 2015).

ويمكن أن تتحمل الفصيلة Opuntia الجفاف في المساحات المفتوحة بواسطة زيادة وتحريك البلاستيدات الخضراء وتجنب الانخفاضات الشديدة في قدرتها على التناضح (ديلغادوسانشيزوآخرون، 2013). وفصيلة O. ellisiana Griffithsهي نبات يتميز بالأيض، وكفاءة تحويل هذا النبات للمياه إلى مادة جافة تُعادل عدة أضعاف كفاءة النبات C3 أو النبات C4. ويمكن تخزين مقدار كبير من المياه (17 ميلمتر = 170 الف كيلوغرام لكل هكتار) في هذا النوع من الصبّار، ويستخدم كماء شرب للحيوانات (هان وفيلكر، 1997). ويمكن أن يستفيد الصبّار من أقل مطر، لأن جذوره قريبة من سطح التربة. ويتم جمع المياه بسرعة بواسطة الجذور وتخزينها في ألواح سميكة وقابلة للتمديد. وتكون الألواح اللحمية لنوع الصبّار الذي يكون على شكل برميل Ferocactus wislizeni Britton & Rose على شكل آلة الأكورديون، وتنكمش كلما استنفدت الرطوبة. وتُنتج الألواح الخضراء غذاء النبات، ولكن تفقد نسبة أقل من المياه مقارنةً بالأوراق، بفضل مسامها الغائرة والطبقة الخارجية الشمعية الموجودة على سطح اللوح. وتغلَق المسام نهاراً وتفتَح ليلاً، لذا فإنها تُطلق كمية صغيرة فقط من الرطوبة. والثمن الذي يدفعه الصبّار من أجل هذه التكيفات لحفظ المياه هو النمو البطيء (زيمون، 2015).

وهناك حاجة عاجلة إلى تحسين الأنشطة البحثية المستمرة بمبادرة بحثية ملائمة للتحقيق في كل الفوائد الممكنة وكفاءة التكنولوجيات الجديدة باستخدام الصبّاريات كفصائل أساسية للمساعدة على مكافحة التصحر والتكيف مع الاحترار العالمي (نفزاوي والمريد، 2010).

التسييج البيولوجي / الحواجز النباتية

يمكن زراعة شجيرات الصبّار لكي تُستخدم كأسوار وسياجات من خلال زراعتها بعيدة عن بعضها البعض بمسافة 30 سنتيمتر تقريباً. وخلال بضع سنوات، تنمو النباتات معاً لتشكيل جدار من ألواح الصبّار الشوكية البارزة عند جميع الزوايا. ويمكن أيضاً زراعة النباتات لمكافحة التعرية في المناطق التي تمت إزالة الغابات منها. ويمكن أن تنمو الصبّاريات، بما في ذلك صبّار O. ficus-indica، في الوقت المناسب لتصبح نباتات متفرعة بحُرية بارتفاع يتراوح من ثلاثة إلى ستة أمتار (الامتداد التعاوني لجامعة كاليفورنيا، 1989). ولاستخدام فصائل متنوعة من الصبّار بغرض التسييج فوائد كبيرة تتجاوز الاقتصاد في الموارد من خلال عدم الحاجة إلى استخدام الموارد باهظة الثمن مثل الحديد. وبمجرد إنشاء سياج حيّ، يوفِّر هذا السياج الثمار ومستوى ممتاز من الأمن للمحاصيل والمنازل، كما يوفر في الوقت ذاته مأوى أو ملاذاً لفصائل الحيوانات البرية. وتستطيع االغزلان والحيوانات الرئيسية المفترسة لها القفز على هذا السياج أو الزحف خلال الأنفاق الطبيعية. وأيضاً، إذا تم توفير كميات معقولة من المياه، يمكن أن ينمو الصبّار بسرعة و-نظراً لأن المياه تتوفر في معظم المزارع والمنازل – يمكن إنشاء سياج في أقل من عام واحد. وكلما زرعت الألواح بالقرب من بعضها البعض، امتلأ السياج بشكل أسرع، ولكن يُصبح من الضروري القيام بمهمة تقليم صعبة لاحقاً. وبمجرد إنشاء حاجز من الصبّار، فإنه يوفِّر الأمن، والزهور الجميلة (التي تجذب النحل والحشرات الأخرى)، والفواكه. وينبغي تقييم كل صنف لانتقاء ما يسهل التعامل معه ويطيب مذاقه، حيث قد يحتوي بعض هذه الأصناف على الكثير من البذور. ويمكن إنشاء سياج جيد من صنف شوكي من الصبّار القياسي Opuntia؛ والأصناف الملساء لنتُبعِد البشر إذا كان يمكن رؤية غياب الأشواك من مسافة بعيدة. ويمكن إنشاء سياج ممتاز من فصيلة

O. violacea Engelm var. santa-rita (Griffiths & Hare) L.D. Benson

الزرقاء وتكون الثمرة في لون البنجر، وتمتلئ بالبذور ولا يكون بها لب صالح للأكل تقريباً؛ وبالصنف أيضاً أشواك سميكة متكتلة على الثمرة. ولإنشاء سياج، ينبغي قطع ألواح الصبّار الأكثر سماكة، وترك الندبة تلتئم لمدة أسبوع تقريباً، ثم زراعة هذه الألواح بحيث تكون متباعدة عن بعضها البعض بمسافة 1,3 متر. لكن إذا توفَّر القليل من الوقت، ينبغي وضع ألواح الصبّار بشكل أفقي على الأرض في نفس اليوم وتركها لعام أو عامين؛ وستتخذ ألواح الصبّار شكل الكوب وتحتفظ بمياه الأمطار. وإذا تم تبنّي هذه الطريقة الأخيرة، تكون ألواح الصبّار السميكة للغاية أو الخشبية في أفضل أحوالها (وايت دوف فارم، 2015).

وعادةً ما تُستخدم الصبّاريات الشوكيّة O. ficus-indica var.amyclaea A.Berger (Ten.) و var. elongata Shelle كأسوار لحماية الحدائق، والبساتين، وبساتين الزيتون في شمال أفريقيا وفي أنحاء من إيطاليا وإسبانيا. وهذه الأسوار ترسم الحدود وفي الوقت ذاته تساعد على مكافحة التعرية. ومع ذلك، في المناطق التي تكون فصول الشتاء فيها معتدلة ولطيفة (يكون متوسط أدنى درجة حرارة يومية في يناير/كانون الثاني أعلى من ثلاث درجات مئوية)، قد تجذب ثمار أسوار Opuntia ذبابة الفواكه،

ولذلك قد تكون هناك حاجة إلى معالجة الصبّاريات التي تحمل الثمار للتصدي لذبابة الفواكه .Ceratitis capitata L أو القضاء عليها في مناطق محاصيل الفواكه الأخرى.

لكن، في حالة الصبّاريات التي تُستخدم كأعلاف، إذا تم حصادها كل عامين أو ثلاثة، فإنها لا تُنتج ثماراً ولذلك لا تستطيع جذب ذبابة الفاكهة. ولا تلعب هذه الأسوار دوراً دفاعياً عالي الكفاءة فقط (وخاصةً عند إنشائها في شكل صفوف مزدوجة)، بل تلعب أيضاً دوراً مهماً في تنظيم المناظر الطبيعية والاقتصاد الاجتماعي المحلي، حيث يتم تحديد حقوق الأراضي وملكية الأراضي في البلاد أو المناطق التي لا توجد بها دائرة لتسجيل الأراضي. وعادةً ما تتم زراعة أسوار الصبّار كشهادة بملكية الأرض، لأنه في بعض البلاد، تُحتم العادة أنه يمكن أن تُصبح أرض قبلية ملكاً لأيّ شخص قد قام بزراعة محصول دائم فيها من ضمن المستخدمين الشرعيين. وهذا حافز قوي لزراعة أسوار الصبّار (وبساتين الزيتون) في الأراضي المجتمعية، كما أنه يُفسِّر شعبيتها في بلاد مثل تونس. وتلعب أسوار الصبّار أيضاً دوراً رئيسياً في مكافحة التعرية وتقسيم المنحدرات الأرضية، وخاصةً عند إنشائها بطول المحاور. وتُحسَّن الخصائص الفيزيائية للتربة ومحتوى المواد العضوية إلى حدٍ بعيد تحت الأسوار وفي المناطق المجاورة مباشرةً (مونچواز وليهويرو، 1965ب). وتُصبح المواد المجمَّعة في التربة السطحية أكثر استقراراً وأقل حساسية تجاه تقشّر السطح، والجريان، والتعرية؛ وتزيد النفاذية والقدرة على تخزين المياه. وبالإضافة إلى ذلك، تعتبر الأسوار عوائق مادية أمام الجريان: فهي تُساعد على تراكم الجريان والإطماء المحلي المؤقت وتمنع التعرية الانحسارية. وقد تم إصلاح بعض الأراضي الواعرة، النامية في النتوءات الخارجية والمنحدرات الصخرية/ الحجرية، بتكلفة منخفضة في تونس والجزائر بالزراعة المحورية للصبّاريات. وفي الأراضي القاحلة المعرضة للتعرية بفعل الرياح، تُعتبر أسوار الصبّار طريقة سهلة، ورخيصة، وذات كفاءة لمنع فقد التربة السطحية وحمايتها والمساعدة على تراكم الرواسب التي تحملها الرياح (ليهويرو، 1996أ).

وتعتمد تكاليف إنشاء سياج على المادة المستخدمة، حيث يتكلف سياج معدني (أربع جدائل من الأسلاك الشائكة) حوالي دولار واحد أمريكي لكل متر، أي، 150 دولاراً أمريكياً لكل هكتار في تونس لحقول مساحتها حوالي عشرة هكتارات. ويتكلف سياج مصنوع من صف مزدوج من الصبّار الشوكي أقل من 60 دولاراً أمريكياً لكل هكتار، ولكن هناك حاجة إلى مرور عامين على إنشائه على الأقل قبل أن يصبح فعّالاً (ليهويرو، 1989).

إمكانية عزل الكربون

لقد أصبح واضحاً، على مدار العقود الأربعة الأخيرة، أن ارتفاع ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الجو نتيجة استهلاك الوقود الحفرية يتسبب في زيادة التغيّر المناخي. وهذا يؤدي إلى مشكلات مهمة مرتبطة بالاحترار العالمي وتغيير أنماط هطول أمطار والتي يكون لها تأثيرات كبيرة بالفعل على توزيع الأنواع ووظيفتها في المحيط البيولوجي للنباتات (والتر وآخرون، 2002؛ وروت وآخرون، 2003). وقد ركّز البحث على تقييم إمكانية التخزين البيولوجي لثاني أكسيد الكربون في أنواع متنوعة من النباتات. ومقارنةً بنباتات C3 ونباتات C4، فإن النباتات التي تتميز بالأيض (صبّاريات الأجافي والصبّاريات) جمعت المياه بطريقة أكثر كفاءة بالنسبة الامتصاص وإنتاجية ثاني أكسيد الكربون (نوبل، 2009). ويكون توليد الكتلة البيولوجية لكل وحدة من المياه بمتوسط يُعادل خمسة إلى عشرة أضعاف التوليد في نباتات C4 وC3 (الجدول 3). وتعتمد إمكانية قيام أنظمة الأيض بتجميع كتلة أحيائية مرتفعة على قدرتها على تقسيم كربوهيدرات أكثر للنمو أكثر من الأيض الحمضي الليلي (بورلاند ودود، 2002).

إن دور مزارع الصبّار الشجرية في دورة الكربون مهم للغاية. فهي تُساعد على إكمال دورة الحياة من خلال إعادة تدوير العناصر الغذائية الأساسية للنباتات والكربون في الغلاف الجوي (دُوران، 2002). وهذا مهم في عملية تحلل التربة، وعادةً ما يتم بواسطة الكائنات الحية في التربة. وقد تم تنفيذ تجارب متنوعة في مناطق مختلفة لتحديد مقدار قدرة Opuntia على تخزين الكربون. وبدأت قياسات تبادل الغاز في صبّار O. ficus-indica في أوائل الثمانينيات، عندما قام نوبل وهارتسوك (1983) بقياس ثاني أكسيد الكربون الممتص على الألواح الفردية، باستخدام محللات غاز محمولة تعمل بالأشعة تحت الحمراء بحيث تم تكييف الكوبات المخبرية لتلائم مورفولوجيا الألواح. وعند درجة الحرارة المثلى والإشعاع المعترض، قد تصل القيم اللحظية لصافي مقدار ثاني أكسيد الكربون الممتص بواسطة ألواح عمرها عام واحد إلى 18 مليمول لكل متر مربع في الثانية، بإجمالي مقدار ثاني أكسيد الكربون ممتص يومياً يصل إلى 680 مليمول لكل متر مربع (نوبل وبوبيش، 2002). وفي دراسة مشابهة، تقوم بتقييم تأثيرات التغيرات الموسمية في درجة الحرارة، والاشعاع، ومحتوى رطوبة التربة على معدلات االبناء الضوئي لصبّار O. ficus-indica، كان إجمالي صافي مقدار ثاني أكسيد الكربون الممتص يومياً 393 ملي مول لكل متر مربع كمتوسط المقدار المقاس على مدار خمسة أيام، وكان مقدار ثاني أكسيد الكربون الممتص سنوياً 144 مول لكل متر مربع (بيمينتا باربوس وآخرون، 2000).وتتمتع فصيلة Opuntia بكفاءة في استخدام المياه أكثر من النبات C4 أو النبات C3 نظراً للبناء الضوئي لأيض، الذي يُعد أكثر كفاءة في تحويل المياه وثاني أكسيد الكربون إلى مادة جافة نباتية (نوبل، 1991، 1994؛ وهان وفيلكر، 1997؛ ونوبل، 2009). وكما أشار نوبل (2009)، تعتمد نتائج التبادل الليلي للغاز على درجة الحرارة. فتنخفض درجات الحرارة ليلاً، ما يُقلل تركيزات بخار الماء الداخلية في النباتات التي تتميز بالأيض، ويؤدي إلى كفاءة أفضل في استخدام المياه. وهذا هو السبب الرئيسي الذي يجعل الفصائل التي تتميز بالأيض CAM أكثر النباتات الملائمة للمناطق القاحلة وشبه القاحلة. وقد تم إدراك أهمية التفتّح الليلي والانغلاق النهاري للثغور في الفصائل التي تتميز بالأيض لحفظ المياه منذ وقتٍ طويل (بلاك وأوزموند، 2003). وبالإضافة إلى المميزات التي تتمتع بها فصيلة Opuntia لكونها من الفصائل التي تتميز بالأيض CAM، تشتهر فصيلة Opuntia أيضاً بقدرتها على التجدد والنمو بسهولة. فهي تعمل كبالوعات كربون ويمكن زراعتها على نطاق واسع في المناطق التي يكون فيها هطول الامطار غير كافٍ أو لا يمكن الاعتماد عليه. ويمكن زراعتها في المناطق التي يكون فيها التبخر عالياً لدرجة أن هطول الأمطار لا يكون فعّالاً لنمو المحصول (أوزموند وآخرون، 2008). ويعاني النبات C3 والنبات C4 من الضرر الذي لا يمكن إصلاحه، بمجرد أن يفقد 30 في المائة من محتوى المياه، بينما يمكن أن تفقد صبّاريات عديدة 80 و90

في المائة من محتوى المياه وتبقى حيّة. وهذا نظراً لقدرة النباتات التي تتميز بالأيض على تخزين كميات كبيرة من المياه؛ وتوزيع المياه على الخلايا وإبقاء النشاط الحيوي ؛ وتحمّل جفاف الخلايا الشديد (نوبل، 2009). وتتفرع هذه القدرات، بدورها، من خصائص الصبّار: السماكة الأكبر لبشرة النبات الذي يوفّر حاجزاً ذا كفاءة ضد فقد المياه؛ ووجود الصمغ النباتي؛ والانغلاق النهاري للثغور. وبالإضافة إلى ذلك، تتميز الصبّاريات بالنمو غير المتزامن لأعضاء النبات المتنوعة، حتى إنه في أسوأ الظروف، لا تتأثر بعض الأجزاء في النبات. ومن المعروف جيداً أن الصبّاريات تنمو في الصحراء حيث تكون درجات الحرارة مرتفعة للغاية.

وأشار العديد من الكتّاب (على سبيل المثال، نوبل، 2009) إلى أن العديد من نباتات الأغاف والصبّاريات يمكن أن تتحمل درجات الحرارة المرتفعة التي تتراوح من 70-60 درجة مئوية.

ويقوم نوبل (2009) بتغطية هذا الجانب بالتفصيل. وفي ضوء التكيّفات المحددة الفينولوجية، والفسيولوجية، والهيكلية للصبّاريات الموصوفة أعلاه، يمكن اعتبارها مهيأة جيداً لمواجهة تغيّر المناخ العالمي في المستقبل. على سبيل المثال، الصبّار Opuntia ficus-indica يمكن أن يمتص الكربون في 20 طناً من المادة الجافة (ما يُعادل 30 طناً من ثاني أكسيد الكربون) لكل هكتار ولكل عام في ظل ظروف نمو دون المستوى الأمثل مشابهة لتلك السائدة في المناطق القاحلة بشمال أفريقيا.

وتُعرف فصيلة Opuntia واحدة بأنها تشغل الأراضي الزراعية المفتوحة والمهجورة وتحتل لأراضي والغابات المفتوحة. وهذا يحدث بصفة خاصة في المناطق التي لا يمكن التنبؤ بوضعها المناخي، ولكن تكون رطبة دائماً في وسط شرق أستراليا التي لا يكون هطول الأمطار بها فعّالاً لنمو المحاصيل الزراعية (ليبر، 1960؛ وأوزموند وآخرون، 1979). وقد نجح النبات في المناطق التي اختيرت له لأسباب متعددة: بصفة جزئية، نظراً لأنه نبات يتميز بالأيض وله قدرة استثنائية على حفظ المياه؛ وبصفة جزئية، نظراً لأن نسبة الجذر للفرع المنخفضة غير العادية التي يتمتع بها، والتي تُسيطر عليها الكتلة البيولوجية للألواح فوق سطح الأرض، يمكن أن تُركّز على نشاط البناء الضوئي؛ ولكن في الغالب، نظراً لتميزه بأنشطة تكاثرية خضرية وتكاثرية غير عادية.

وتُحفّز زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو المزيد من النمو وامتصاص الكربون عند الصبّار O. ficus-indica (جوميز وكازانوفاس وآخرون، 2007). وأشار درينان ونوبل (2000) إلى أن مضاعفة ثاني أكسيد الكربون الجوي حفّزت إجمالي نسبة ثاني أكسيد الكربون الممتص بمتوسط 31 في المائة لست نباتات صبّار كبيرة، وحفّزت النمو والكتلة البيولوجية بنسبة 33 في المائة. وكانت هذه الاستجابات غير متوقعة لأنه لم يكن من المتوقع أن تُحفّز نسبة ثاني أكسيد الكربون المرتفعة تخزين ثاني أكسيد الكربون في وجود ثغور مغلقة في الضوء؛ وبالإضافة إلى ذلك، كان من المتوقع أن امتصاص ثاني أكسيد الكربون في الظلام بواسطة إنزيم كربوكسيلاز الفسفوإينول بيروفات سيصل إلى حد التشبع في نسبة ثاني أكسيد الكربون الداخلية. لكن تتفق هذه الاستجابات بشكل جيد مع حدود الانتشار المعروفة الآن لتثبيت ثاني أكسيد الكربون في جميع حالات نمو الفصائل التي تتميز بالأيض CAM (راشر وآخرون، 2001؛ ونيلسون وآخرون، 2005؛ وغريفيث وآخرون، 2007). وقد وجد وانج ونوبل (1996) أن نمو الصبّار O. ficus-indica في نسبة مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون لمدة ثلاثة أشهر لم يُظهر دليلاً يذكر على النقص المتحكم فيه للبناء الضوئي الموجود بصفة شائعة في النباتات العشبية. وعادةً ما تواجه النباتات العشبية قيود حد الامتصاص وتأثيرات التغذية الراجعة للسكر على تخزين ثاني أكسيد الكربون والتعبير الجيني. ومع ذلك، في الصبّار O. ficus-indica، تبين حدوث امتصاص أكبر لثاني أكسيد الكربون (قدرة المصدر) مع نسبة أكبر لنقل السكروز في اللحاء وقوة امتصاص أشد. واستنتج درينان ونوبل (2000) أن المجموعات التي تتميز بالأيض ذات الكتلة البيولوجية المرتفعة توفّر إمكانيات بوصفها نظاماً قليل المدخلات لامتصاص ثاني أكسيد الكربون الجوي في المناطق القاحلة. وبالرغم من الحاجة إلى المزيد من البحث، فإن النباتات التي تتميز بالأيض والتي تعمر طويلاً في الأنظمة البيئية القاحلة يمكن أن تقدم أنظمة امتصاص كربون إقليمية فعّالة على مدى معدل زمني يتراوح من عقود إلى قرون.

وتتوفّر بيانات محدودة حول صافي نسبة ثاني أكسيد الكربون الممتصة في الألواح وفقاً لعمرها. واستخدم ليغوري وآخرون (2013 أ) غرفة تبادل غاز مفتوحة لقياس صافي نسبة ثاني أكسيد الكربون الممتص في النبات بأكمله أو لوح فردي في الصبّار، وخاصةً لفهم استجابة النبات بأكمله للإجهاد البيئي. وبخلاف قياسات الألواح الفردية، فبعد 60 يوماً من الجفاف احتفظ النبات بأكمله بنفس مستوى صافي نسبة ثاني أكسيد الكربون الممتص، على الرغم من أنه كان هناك فقد كبير للمياه في النسيج الحشوي لأكثر الألواح نشاطاً في البناء الضوئي. هناك حاجة لإجراء أبحاث مستقبلية على امتصاص ثاني أكسيد الكربون في الألواح الفردية لمعرفة أفضل ممارسات التقليم اللازمة لزيادة امتصاص ثاني أكسيد الكربون، وخاصةً بالنسبة لحقول الصبّار O. ficus-indica المزروعة.

زراعة المحاصيل في ممرّات

يُعتبر التوسع في زراعة محاصيل الحبوب في المراعي، بالإضافة إلى عدم السماح ببوار الأراضي، من الأسباب الرئيسية لانخفاض خصوبة التربة والتعرية بفعل الرياح. وتتمثل إحدى طرق مكافحة التدهور الناتج عن زراعة محصول واحد من الحبوب في إدخال بقوليات الأعلاف المكيّفة، والشجيرات/ أشجار الأعلاف، والصبّار في نظام زراعة المحاصيل (نفزاوي وآخرون، 2011). وتُعتبر زراعة المحاصيل في ممرات ممارسة زراعة حراجية حيث تنمو المحاصيل الدائمة بشكل متزامن مع محصول صالح للزراعة. وتتم زراعة الشجيرات، أو الأشجار، أو نباتات الصبّار في صفوف واسعة وينمو المحصول في الحيز البيني. وزراعة المحاصيل في ممرات هو شكل من أشكال الزراعة البينية في سياج. وتُفضّل فصائل الأشجار/ الشجيرات القرنية وسريعة النمو نظراً لخصائصها المحسنِّة للتربة، أيْ، قدرتها على إعادة تدوير المغذيات، وتدمير الأعشاب الضارة، ومكافحة التعرية على الأرض المنحدرة. وهذه التكنولوجيا تمكّن المزارع من الاستمرار في زراعة الأرض بينما تُساعد الأشجار/ الشجيرات المزروعة في صفوف متقطعة على الحفاظ على جودة التربة. ويمكن أن يعمل الصبّار في هذا النظام

كمصد للرياح، ما ينتج عنه محاصيل عشبية/ محاصيل حبوب محسَّنة. وتسمح الممرات الواسعة برعي الماشية على طبقات الكتلة البيولوجية أو جذامة الحبوب أثناء فصل الصيف؛ ويمكن حصاد ألواح الصبّار، وتقطيعها، وإعطاؤها مباشرةً للحيوانات التي يتم رعيها كمكمل طاقة للأعشاب منخفضة الجودة (نفزاوي وآخرون، 2011).

وعلى الرغم من أن الصبّاريات معروفة جيداً كأفضل النباتات لإعادة النبات للمناطق القاحلة وشبه القاحلة نظراً لمقاومتها للأمطار النادرة وغير المنتظمة ودرجات الحرارة المرتفعة، تُعتبر أنظمة زراعة المحاصيل في ممرات في تونس ظاهرة جديدة بشكل كبير. وعند إدارة زراعة المحاصيل في الممرات بشكل ملائم، يمكن أن توفّر دخلاً في فترات زمنية مختلفة لأسواق مختلفة بأسلوب مستدام يرتكز إلى المحافظة على التربة. ويمكن أن تُحسِّن تصاميم الممرات أيضاً الحيز المتوفِّر بين الأشجار، ما يُضيف حماية وتنوعاً إلى الحقول الزراعية.

ولا يتم تبني ممارسة زراعة شجيرات فقط على نطاق واسع لأسباب متنوعة، بما في ذلك التصميم الفني للحقل، وسوء الإدارة، ومنافسة الأرض المخصصة عادةً لمحاصيل الحبوب. ويمكن التغلب على بعض هذه العيوب من خلال زراعة المحاصيل في الممرات، والتي تعمل على:

- تحسين التربة؛
- زيادة إنتاج المحاصيل؛
- تقليل الأعشاب الضارة؛
- تحسين أداء الحيوانات.

وتسمح زراعة المحاصيل في الممرات والتي تتم إدارتها بشكل ملائم بتحقيق التنوع بحيث يستطيع المزارع الاستفادة من عدة أسواق. وهي تُعزز أيضاً الاستدامة في إنتاج المحاصيل وتربية الماشية. وتم تقييم منافع زراعة المحاصيل في ممرات الصبّار والشعير في تونس (آلاري وآخرون، 2007؛ وشديد وآخرون، 2007). ومقارنةً بالشعير وحده، زادت الكتلة البيولوجية الإجمالية (فضلات النبات والحبوب) للشعير المزروع بين صفوف الصبّار الأملس من 4,24 إلى 6,65 أطنان لكل هكتار، بينما زاد محصول الحبوب من 0,82 إلى 2,32 طن لكل هكتار (الجدول 3، الشكل 2). وهذه النتائج صادرة عن المناخ الناشئ من زراعة المحاصيل في ممرات الصبّار، ما يشكل «مصداً للرياح» مفيداً، ويُقلل فقد المياه ويزيد رطوبة التربة. وحفّز محصول الشعير زيادة في عدد ألواح الصبّار وثماره، بينما زاد الصبّار مقدار المادة الجذرية المساهمة في المادة العضوية للتربة.

الشكل رقم (2)

زراعة المحاصيل في ممرات باستخدام محصول الصبّار (Opuntia ficus-indica) ومحصول الشعير

حفظ التنوع البيولوجي

تكثيف الممارسات الزراعية في سياق تغيّر المناخ يدعو للقلق، حيث إنه يُغيّر خصائص التربة بشكل جذري ويؤثر على النباتات والحيوانات المحلية (أولاد بلقاسم ولوحيشي، 2013). وهذه الاضطرابات تؤثر على التنوع البيولوجي، وهو أهم عامل يؤثر على استقرار الأنظمة البيئية والأنظمة البيئية الزراعية (فونتين وآخرون، 2011). ويُعد وقف أو عكس الانخفاض في التنوع البيولوجي تحدياً رئيسياً للحفاظ على التنوع البيولوجي وخدمات النظام البيئي الأوسع. ويتواجد الصبّار بصفة بارزة في العديد من المناطق القاحلة وشبه

الجدول 3 إجمالي التغيرات في الكتلة البيولوجية ومحاصيل الشعير الناتجة (طن لكل هكتار1-) في سيدي بوزيد (تونس)أ (آلاري وآخرون، 2007)

المعالجة	مرعى طبيعي	محصول شعير (وحده)	محصول صبّار (وحده)	زراعة المحاصيل في ممرات (الصبّار + الشعير)
الكتلة البيولوجية فوق الأرض (طن لكل هكتار)	0,51	0,53	1,87	7,11
الكتلة البيولوجية تحت الأرض (طن لكل هكتار)	0,33	0,11	1,8	1,98
محصول حبوب الشعير (طن لكل هكتار)	1,51	0,82		2,32
حبوب الشعير + القش + الأعشاب الضارة (طن لكل هكتار)	1,36	4,24		6,65

أ متوسط هطول الأمطار في سيدي بوزيد هو 250 ملم لكل عام وكانت جميع المعالجات بدون مخصبات.

القاحلة. ويلعب الصبّار دوراً مهماً في البيئة وللحيوانات والنباتات التي تشترك في الوسط نفسه.

ويُشير كل من باديلا وبوجنير (2006) إلى أن بعض النباتات تستفيد من جيرانها المرتبطين بها ارتباطاً وثيقاً، وهي ظاهرة تُعرف بالتيسير. وعادةً ما تتصرف الصبّاريات «كنباتات واقية» في المناخ الحار: حيث تُساعد ظلالها، وفي بعض الأحيان المغذيات المرتبطة بوجودها، على رسوخ شتلات الفصائل الأخرى، والتي لولاها لن يكون بوسع هذه الشتلات أن تنمو في التربة الحارة أو الفقيرة. ويمكن أن تكون الصبّاريات مصدراً جذاباً للمأوى في الحياة البرية، وتكون ظلالها مهمة للغاية بالنسبة إلى الحيوانات، بالإضافة إلى فصائل النباتات الأخرى. وتوفِّر فصائل الصبّار مواقع تعشيش بالغة الأهمية للطيور، والقوارض، والحيوانات الأخرى. وتجثم الطيور على أغصانها لاستكشاف البيئة المحيطة. وعادةً ما تحتوي فضلات الطيور على بذور نباتات أخرى ويمكن أن يوفِّر ظل الصبّاريات بيئة إيكولوجية تعزز حياة النباتات الأخرى.

وتوفِّر الصبّاريات ثماراً وزهوراً لمجموعة من الحيوانات– العديد من فصائل الطيور، والخفافيش، والحشرات، بما في ذلك النحل. وتبقى الصبّاريات حيّة في البيئة الطبيعية دون الري الاصطناعي، وتنتج معظم الزهور والثمار أثناء الموسم الجاف، عندما لا تتوفّر إلا موارد أخرى قليلة للغاية للحياة البرية؛ وبالإضافة إلى ذلك، تجذب زهورها الفراشات وحشرات التلقيح الأخرى. وتنتج بعض فصائل Opuntia الفواكه كثيرة العصارة في الصيف، وهو شيء محبب لكثير من الطيور. وتجذب الفواكه العصارية التي تحتوي على الكثير من البذور الطيور الجائمة بصفة خاصة؛ ولهذا السبب، فإنه من المألوف أن نجد نباتات تنمو وتنضج في النتوءات الصخرية الخارجية، أو على أعمدة الأسوار الخشبية، أو بطول خطوط الأسوار السلكية. ويوفِّر الصبّار غطاءً جيداً لهروب الطيور. على سبيل المثال، طائر نمنمة الصبّار Campylorhynchus brunneicapillus Lafresnaye يتواجد في الأصل في جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية وإلى الجنوب حتى وسط المكسيك، كما يوجد في الصحاري والتلال السفحية القاحلة التي تتميز بالصبّار، والمسكيت، واليكة، والأنواع الأخرى من شجيرات الصحراء. وهو يبني عشه في نباتات الصبّار– وفي بعض الأحيان في حفرة في ساجوارو و/ أو حيث يكون محمياً بواسطة الأوراق الشوكية cholla أو yucca. ويوفِّر بناء العش في الصبّار بعض الحماية للصغار، ولكن طيور النمنمة تستخدم هذه الأعشاش أيضاً خلال العام لتبيت فيها. وهي تأكل الحشرات بشكل رئيسي، وأحياناً البذور أو الفواكه، ولكن نادراً ما تشرب الماء، حيث تحصل عليه من طعامها.

والمئات من فصائل النمل تستخدم الصبّاريات كطعام حيث يمثل النمل جنباً إلى جنب مع الحشرات الأخرى. ملقحات مهمة للصبّار. وفي الوقت الذي تمثل فيه الأشواك تحدياً شاقاً بالنسبة إلى حيوانات مفترسة أخرى، يتجمع النمل بطول ألواح الصبّار بحثاً عن الغذاء، ويلتقط الحيوانات الصغيرة، ويتغذى على الرحيق خارج الأمينية. وبالإضافة إلى ذلك، يتغذى النمل، والحشرات الأخرى، على بذور الصبّار ويلعب دوراً في توزيع البذور. وتوفِّر الصبّاريات مأوى لأنواع مختلفة عديدة من الحشرات. ويبقى قاتل النحل، Apiomerus crassipes Fabricius، منتظراً في زهور الصبّار ويفترس ضحاياه من النحل أو النمل من خلال حقنها بإنزيم يشل حركتها عن طريق منقاره الشبيه بالإبرة تحت الجلد. وحشرة دودة القرمز، Dactylopius coccus كوستا، هي فصيلة خبيئة (أصنوفة تستخدم تغيير الشكل الخارجي أو السلوك لتضليل الكائنات المفترسة) وتقضي الإناث حياتهن بالكامل في مستعمرات على ألواح الصبّار. وتمت ملاحظة أن فصيلة الحشرات هذه تُفرز حمض الكرمينيك، الذي كان يستخدمه الآزتيك القدماء لإنتاج صبغة قرمزية. والمئات من فصائل الفراشات، والعثث، وديدان الجبن تُعرف كملحقات للصبّاريات (هوجان، 2015). وتحتوي الزهور على كميات كبيرة من الرحيق والفواكه غنية بالمياه.

والصبّاريات مهمّة أيضاً لكثير من الحيوانات في الصحراء. فالخفافيش التي تتغذى على الرحيق . Leptonycteris curasoae curasoae Mill و Glossophaga longirostris elongata Petit Pors، قيّمة لتلقيح الكثير من النباتات المهمة في كوراساو، وهي تعتمد على الصبّاريات العمودية للبقاء حيّة. ويتكون نظامها الغذائي بشكل رئيسي من رحيق الصبّار، وحبوب اللقاح، والفواكه عند توافرها. والثدييات الأكبر، بما في ذلك الآيل أبيض الذيل Odocoileus virginianus Zimmerman ، تستهلك في الحقيقة ألواح الصبّار، على الرغم من الدرع الشوكي المرعب (راماوات، 2010). وتمتلئ أوراق الصبّار بالمياه، ويستهلكها العديد من الحيوانات بما في ذلك البريكيشي (دراء له عنق بني اللون) .Aratinga pertinax L والآيل أبيض الذيل. وحيوانات القيوط Canis latrans Say تتغذى على شجيرة عشبية شبه صحراوية وتستهلك مجموعة من المواد الغذائية طوال العام. والعديد من فصائل الصبّار في صحراء سونورا تُثمر أثناء فصل الصيف – وهو مصدر غذائي مهم في الشهور الأكثر جفافاً. وتتغذى حيوانات القيوط على ثمار الصبّار عندما تنضج، كما هو موضَّح بواسطة تحليل العينات التي تم جمعها في فصل الخريف (شورت، 1979). وفي أريزونا، تعيش الجيروذات، وتُعرف أيضاً بالجرذان الأمريكية، بشكل رئيسي في الصحراء تحت الصبّار المتساقط وركامات الفضلات. وهي تنقب تحت نبات الصبّار (عادةً ما يكون الصبّار)، وتُهلك الجذور، وتُسبب انهيار الصبّار فوقها. وهذا يخلق مأوى شوكياً مزوداً بدروع ويكون آمناً نسبياً ضد الثدييات ومفترسي الطيور. وبعض الفصائل تستخدم قاعدة الصبّار موقعاً لمأواها، وتستغل أشواك الصبّار للحماية من المفترسين.

ولسوء الحظ، لا يكون المأوى الذي يوفِّره الصبّار مفيداً أو مقبولاً دائماً لدى البشر. وكنتيجة لذلك، أثناء شهور الصيف يحرق العديد من ملاك مزارع المواشي الصبّار لإزالته من حقولهم. وبينما تُعتبر الصبّاريات عادةً أعشاباً ضارة مجتاحة لمعظم جنوب الولايات المتحدة الأمريكية، تم توثيق وجود العديد من فصائل Opuntia بالفعل بواسطة المستوطنين الأوائل في المنطقة. وأيضاً، في المكسيك، يُعتبر النبات عادةً عشبة ضارة، ولكنه يُعتبر مصدراً غذائياً مهماً في الثقافة المكسيكية. وقد أصبحت ألواح الصبّار مؤخراً منتجاً صحياً وتُباع كنوع من الخضروات في العديد من المتاجر في الولايات المتحدة الأمريكية. ونأمل أن يُبرز استخدام النبات كطعام أهميته؛ ومع ذلك، يجب أن يُدرك العديد أهميته البيئية بالنسبة للتنوع البيولوجي.

الاستنتاجات والتوصيات

تستهلك المجتمعات البشرية العديد من السلع والخدمات الأساسية من الأنظمة البيئية الطبيعية. ويُركّز هذا الفصل على أهمية الصبّارودوره المهم في سبل كسب العيش بالنسبة إلى المزارعين. وتشمل السلع والخدمات التي يُوفرّها الصبّار: مكافحة تعرية التربة والتعرية بفعل المياه؛ وتنظيم المناخ من خلال تخزين الكربون؛ وحفظ التنوع البيولوجي؛ ومأوى للحياة البرية؛ والمنافع الصيدلانية والصناعية بالإضافة إلى جماله لكونه من النباتات دائمة الاخضرار. وعلى الرغم من أهمية الصبّاريات البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية، إلا أنها تجذب انتباهاً علمياً وإعلامياً محدوداً وليس هناك تركيزكافٍ على مزايا دورها في المحافظة على البيئة. ويرجع هذا بشكل كبير إلى المعرفة المحدودة والنظرة القاصرة التي تنحصر في التركيزعلى الصبّاريات لإنتاج الأعلاف والفواكه. ويلزم إحداث تحوّل رئيسي في دور الصبّاروإنتاجه، لكي يتحوّل إلى مفهوم أوسع بكثير فيما يتعلق بمفهوم النظام البيئي للمنتوجات والخدمات. وهناك حاجة إلى نهج شامل، يوازن بين حفظ البيئة، وإنتاج النظام الزراعي، والإنماء الاجتماعي والاقتصادي. وستكون هناك منفعة كبيرة من الترويج للمنافع البيئية، والاقتصادية، والاجتماعية للصبّاريات وتعزيز القدرة التقنية للموارد البشرية المخصصة لهذه الفصائل. وبالإضافة إلى تحليل الاتجاهات الحالية في البحث، فإن تقديم اكتشافات وخطط جديدة للبحث المستقبلي في جميع المجالات المتعلقة بالصبّاريات يعد أمراً حيوياً. السياسات العامة والتمويل أمران ضروريان لزيادة زراعة هذا النبات المهم في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في العالم.

15

الاجتياحات على مستوى العالم لفصيلة الصبّاريات: المكافحة والإدارة وتضارب المصالح

Helmuth Zimmermann

Helmuth Zimmermann وزملاؤه، بريتوريا، جنوب أفريقيا

15 الاجتياحات على مستوى العالم لفصيلة الصبّاريات: المكافحة والإدارة وتضارب المصالح

المقدمة

لا يختلف اثنان على قيمة الصبّار من فصيلة Opuntia ficus-indica (L.) Mill.، (باربيرا وآخرون، محرررون، 1995؛ موندراغون جاكو وبيريز غونزاليز، 2001؛ نوبل، محرر 2002؛ سينز وآخرون، محرررون، 2006) وقد بذلت جهود هامة لإدخال هذا المحصول الناشئ إلى العديد من الدول النامية بدرجة محدودة من النجاح (دي وال وآخرون.، 2015). وقد فاقت قيمة الصبّار كمصدر للعلف الأخضر تقريباً قيمته كمحصول ثمار. وعلى الرغم من ذلك، لا يزال على العديد من الدول – بما في ذلك الدول النامية في جنوب الصحراء الكبرى – أن تعتمد هذا المحصول الجديد على نحو جدي، على سبيل المثال، بتسوانا، ناميبيا، أنجولا، زيمبابوي، موزمبيق، وجمهورية تنزانيا المتحدة وزامبيا. فالصبّار الذي يتميز بالعديد من الاستخدامات لا يزال محصولاً غير مستغل استغلالاً كاملاً. العديد من النباتات الأخرى المزروعة مؤخراً لأغراض تجارية تحظى أيضاً بشعبية، على سبيل المثال:

Nopalea cochenillifera (L.) S-D (البرازيل) O. undulata Griffiths و (كورديرو دوس سانتوس وغونزاغا دي ألبوكرك، 2001) و O. monacantha Haw (كوفمان، 2001) Hylocereus undatus (Haworth) Britt. & Rose (إسرائيل) Cereus hildmannianus KSch (C. peruvianus) و(نيرد وآخرون، 2002). لسوء الحظ، فان فصيلة من الصبّاريات ذات القيمة تجارياً (بما في ذلك O. ficus-indica و O. monacantha) صارت اجتياحية في العديد من البلدان (نوفوا وآخرون، 2016)، الأمر الذي ترتب عليه محاولات حظيت بتغطية إعلامية كبيرة لإدارتها ومكافحتها (كوفمان، 2001؛ زيمرمان وموران، 1982).

على مدى الخمسين عاماً الماضية، كانت هناك زيادة في عدد الأنواع المجتاحة، خاصة في نطاق Opuntioideae من العائلة الفرعية، ولكن العديد من النباتات الجديدة من الصبّاريات والصبّار الفرعية أصبحت أيضاً مجتاحة، وبذلك بلغ العدد الإجمالي من الأنواع المجتاحة حوالي 57 (نوفوا وآخرون، 2016). وزاد عدد الأنواع المجتاحة في جنوب أفريقيا من 31 نوعاً (جميع أنواع الصبّار) في عام 1947 إلى 35 نوعاً في عام 2014، بما في ذلك ثمانية أنواع من الصبّاريات على الأقل. وقد تطلبت بعض أنواع الصبّار المجتاحة تدابير جذرية للسيطرة عليها من خلال المكافحة الكيميائية، والتي غالباً ما تعقبها المكافحة البيولوجية، عندما تثبت طرق المكافحة التقليدية عدم نجاحها (بيتي، 1948؛ أنيك وموران، 1978؛ موران وأنيك، 1979؛ زيمرمان وموران، 1982). يتم حالياً النظر في الشكل الشوكي للصبّار المعروف باسم التين الشوكي، واثنتين من النباتات المجتاحة من Opuntia المسجلة حديثاً، وهي تحديداً O. robusta Pf و O. engel- mannii S-D ، أساساً كمصدر للعلف، جزئيا من أجل الحد من الإصابة، ولكن في الغالب لاستخلاص فوائد من مورد كبير غير مستغل (فيلكر، 1995).

في الماضي كان هناك تضارب في المصالح على أساس المعتقدات الحقيقية أو الخاطئة عن الصبّار كنبات مجتاح أو مفيد، ما أدى إلى التأخير في تنفيذ برامج المكافحة البيولوجية.

وبالنظر إلى الأهمية المتزايدة للصبّار المزروع لأغراض تجارية، فإن الإذن بإطلاق عوامل المكافحة البيولوجية ذات الصلة لم يكن ليمنح اليوم، مع ما يترتب على ذلك من عواقب مباشرة على المشاريع المستقبلية للمكافحة البيولوجية للأنواع الناشئة الجديدة في كلتا الفئتين الفرعيتين.

يقدم هذا الفصل لمحة تاريخية عن أنواع اجتياحية من نبات الصبّار في الفصائل الفرعية الثلاث Cactoideae، Opuntioideae و Pereskioideae وفقاً لتصنيف أندرسون (2001) و هانت (2006) ومكافحة هذه النباتات الاجتياحية، مع التركيز على الأساليب الجديدة للتغلب على مشكلة تضارب المصالح المتزايدة. لم يتم تضمين مكثفات الصبّار، التي أصبحت الحشائش ضمن نطاقاتها الأصلية في الأمريكتين، في هذه المناقشات.

الصبّار كمشكلة

رغم محدودية المعلومات المتاحة، فقد بُذلت محاولة لتحديد جميع أنواع الصبّار المجتاحة الرئيسية، ومدى الاجتياح، وأصولها، والاستخدام والإدارة (إن وجدت). هذه المعلومات عرضت بشكل موجز في الجدولين 2 و3. كذلك قدمت تصورات حول الصبّاريات المزروعة والمجتاحة، وكيفية ارتباطها بالتحكم في الأنواع التي تسبب مشاكل وتقبّل الصبّار كمحصول ناشئ جديد. بعد ذلك اقترحت حلول لتحقيق خيارات المكافحة المقبولة.

في نطاق العائلة الفرعية Opuntioideae، تحتوي الأنواع Cylindropuntia و Opuntia على معظم النباتات المجتاحة خارج الأمريكتين؛ فتنحصر بشكل رئيسي في أستراليا وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى (الجدول 1).

في نطاق العائلة الفرعية Opuntioideae، تحتوي الأنواع Cylindropuntia و Opuntia على معظم النباتات المجتاحة خارج الأمريكتين؛ فتنحصر بشكل رئيسي في أستراليا وأفريقيا جنوب الصحراء الكبرى (**الجدول 1**).

في نطاق Opuntioideae، يشكل النوع Opuntia إلى حد بعيد أكثر النباتات المجتاحة؛ وورد ذلك بشكل تفصيلي في الجدول 2. وقد أفادت التقارير الواردة من 37 بلداً على الأقل من خارج الأمريكتين بالفعل عن وجود الصبّار Opuntiae,المجتاح، ولكن هناك اجتياحات صغيرة تظهر في العديد من البلدان الأخرى، على سبيل المثال، العديد من الجزر والبلدان النامية في أفريقيا. الجدول 3 يحوي قائمة بالصبّاريات المجتاحة في العائلات الفرعية Cactoideae وPereskioidea؛ وبالمقارنة مع Opuntioideae, فإن عددها قليل، ولكن رغم ذلك فإن أعداد الأنواع المجتاحة المبلّغ عنها زادت بشكل مطرد في العقد الماضي. ولم يتم تسجيل سوى ثمانية أنواع من الصبّاريات Cactoideae في عام 1984 (موران وزيمرمان، 1984 ب)، مقارنة بـ 18 نوعاً في عام 2015. ويمكن توقع حدوث اجتياحات خطيرة جديدة من هذه المجموعة.

الجدول 1 تم تسجيل الصبّاريات المجتاحة بحسب الأجناس في ثلاث فصائل فرعية وفي البلدان التي سجلت فيها اجتياحات خطيرة

الأنواع في Opuntioideae	الدول التي كان النبات مجتاحاً فيها	إجمالي عدد الأنواع في الجنس	لا يوجد نوع مجتاح
Austrocylindropuntia	أستراليا، كينيا، ناميبيا، جنوب أفريقيا، إسبانيا، إيطاليا، فرنسا	11	2
Corynopuntia	أستراليا	14	1
Cylindropuntia	أستراليا، بتسوانا، إسرائيل، كينيا، ناميبيا، إسبانيا، زيمبابوي	33	8
Opuntia	أنغولا، الجزائر، أستراليا، جزر الكناري، الصين، كرواتيا، جمهورية التشيك، إريتريا، إثيوبيا، فرنسا، ألمانيا، غانا، الهند، كينيا، مدغشقر، موريشيوس، المغرب، ناميبيا، نيوزيلندا، جزر المحيط الهادي، المملكة العربية السعودية، الصومال، إسبانيا، سري لانكا، جنوب أفريقيا، سوازيلند، سويسرا، جمهورية تنزانيا المتحدة، تونس، أوغندا، اليمن، زيمبابوي	181	27
Tephrocactus	أستراليا، جنوب أفريقيا	6	1
الأنواع في Cactoideae	الدول التي كان النبات مجتاحاً فيها	إجمالي عدد الأنواع في الجنس	لا يوجد نوع مجتاح
Acanthocereus	أستراليا	6	1
Cereus	أستراليا، جنوب أفريقيا، ناميبيا	34	3
Harrisia	أستراليا، جنوب أفريقيا، ناميبيا	20	4
Hylocereus	أستراليا، الصين، نيوزيلندا، البرتغال، جزر المحيط الهادي، إسبانيا، جنوب أفريقيا	18	4
Echinopsis	أستراليا، جنوب أفريقيا	128	3
Myrtillocactus	جنوب أفريقيا	4	1
Peniocereus	جنوب أفريقيا	18	1
Selinicereus	جزر المحيط الهادي	28	1
الأنواع في **Pereskioideae**	الدول التي كان النبات مجتاحاً فيها	إجمالي عدد الأنواع في الجنس	لا يوجد نوع مجتاح
Pereskia	أستراليا، جنوب أفريقيا	17	1
القيم الإجمالية		518	58

الجدول 2 النباتات المجتاحة الغريبة الرئيسية: أصل المنشأ، دول الاجتياح، الاستخدام، الحالة والإدارة

النوع والأصل	الدول التي دخل فيها النبات والنبات المجتاح	الاستخدام	الحالة كنبات مجتاح	المكافحة	المراجع الرئيسية
الجنس: Austrocylindropuntia					
A. cylindrica (Lam.) Backeb. الإكوادور، بيرو	أستراليا	غير مستخدم	بداية اجتياح	المكافحة الكيميائية	شينوك، 2015
	جنوب أفريقيا	حديقة عامة زخرفي			
A. subulata (Muehlenpf.)بيرو، بوليفيا	أستراليا، كينيا، ناميبيا، جنوب أفريقيا إسبانيا	تستخدم على نطاق واسع كسياج حي	خطر جدي في كينيا، بداية اجتياح في الدول الأخرى	المكافحة الكيميائية	شينوك، 2015 والترزوآخرون،2011
الجنس: Opuntia					
O. aurantiaca Lindl، الأرجنتين، أوروجواي	أستراليا	غير مستخدم	مجتاح خطير	المكافحة البيولوجية جيدة للغاية	هوسكينغ وآخرون، 1988 زيمرمان آند موران، 1982
	جنوب أفريقيا	غير مستخدم	مجتاح خطير	المكافحة البيولوجية جيدة للغاية	
	زيمبابوي	غير مستخدم	الحالة غير معروفة	لا يوجد	

(تتمة)

النوع والأصل	البلدان التي أدخلت فيها واجتاحتها	الاستخدام	الحالة كمجتاح	الإدارة	المراجع الأساسية
O. streptacantha Lem. المكسيك	أستراليا	غير مستخدم	مجموعات بقايا صغيرة متروكة	مكافحة حيوية جيدة	مان،1970
O. tomentosa Salm-Dyck المكسيك	أستراليا جنوب أفريقيا	غير مستخدم	مجموعات بقايا صغيرة متروكة	مكافحة حيوية جيدة	مان،1970
الجنس:Corynopuntia					
Corynopuntia sp.	غرب أستراليا	غير معروف الأصل	عشب ناشئ	المكافحة الكيميائية	شينوك،2015
الجنس:Cylindropuntia					
C. fulgida (Engelm.) F.M. Knuth var. fulgida الولايات المتحدة، المكسيك	جنوب أفريقيا زيمبابوي	الأسوار الحية	مجتاح خطير	مكافحة حيوية جيدة	بيترسون وآخرون،2011
C. fulgida var. mamillata الولايات المتحدة	أستراليا جنوب أفريقيا ناميبيا	نبات زينة شعبية	مجتاح خطير	مكافحة حيوية جيدة	بيترسون وآخرون،2011
C. imbricata (Haw.) F.M. Knuth الولايات المتحدة، المكسيك	أستراليا بتسوانا جنوب أفريقيا إسبانيا زيمبابوي ناميبيا	غير مستخدم	مجتاح خطير	مكافحة حيوية جيدة على نحو معتدل	زيمرمان وآخرون،2009
C. pallida (Rose) F.M. Knuth (= C. rosea) المكسيك	أستراليا جنوب أفريقيا	تم إدخاله كنبات زينة	مجتاح خطير	المكافحة الكيميائية بالمكافحة البيولوجية تحت البحث	والترز وآخرون، 2011 لاجونا وآخرون،2013
	ناميبيا إسبانيا	غير مستخدم			
C. kleiniae (DC) جنوب الولايات المتحدة، شمال المكسيك	أستراليا	غير مستخدم	مجتاح ناشئ	المكافحة البيولوجية	شينوك،2015
C. prolifera (Eng.) F.M. Knuth جنوب الولايات المتحدة، شمال المكسيك	أستراليا جنوب أفريقيا	غير مستخدم	اجتياح محدود	مكافحة حيوية جيدة	زيمرمان وآخرون،2009
C. spinosior (Eng.) F.M. Knuth جنوب الولايات المتحدة، باجا ، كاليفورنيا	أستراليا	غير مستخدم	مجتاح ناشئ	غير معروف	شينوك،2015
C. spinosior (Eng.) F.M. Knuth جنوب الولايات المتحدة	أستراليا جنوب أفريقيا	غير مستخدم	مجتاح خطير في أستراليا فقط	المكافحة الكيميائية بالمكافحة البيولوجية تحت البحث	شينوك،2015
C. tunicata (Leh.) F.M. Knuth جنوب الولايات المتحدة، شمال المكسيك	أستراليا جنوب أفريقيا إسبانيا	غير مستخدم	مجتاح ناشئ	المكافحة الكيميائية	شينوك،2015
الجنس:Tephrocactus					
T. articulatus (Pf) Bkbg الأرجنتين	جنوب أفريقيا ناميبيا	حديقة شعبية نبات زينة	مجتاح ناشئ	المكافحة الكيميائية	والترز وآخرون،2011

الشكل رقم (1)

اجتياح صبّارة engelmannii في جنوب أفريقيا: من أصل أمريكي

وفقا لموران وزيمرمان (1984 ب)، تم تسجيل 46 نوع صبّار ضارا على الصعيد العالمي في عام 1983، ما يعادل 42 إذا تم اعتماد أحدث تصنيفات هانت (2006) وأندرسون (2001). وفي عام 2014، تم تسجيل 57 نوعا من أنواع الصبّار المعترف بها والبالغ عددها 1 922 نوعا تقريباً (نوفوا وآخرون، 2014). ويبلغ هذا الرقم الآن 58، إلا أنه لا يزال أقل مما ينبغي لأن عدداً قليلاً فقط من البلدان النامية لديها جرد للصبّار المجتاح. تعد جنوب أفريقيا وأستراليا هي النقاط الساخنة للاجتياح، مع تسجيل 35 نوعاً و27 نوعاً على أنها مجتاحة (نوفوا وآخرون، 2014). بين عامي 1947 و2014، تم إدراج 24 من الصبّار المجتاح في جنوب أفريقيا (بيتي، 1948؛ أنون، 2014).

حتى أنواع الصبّار المجتاحة الثابتة توسعت بشكل كبير في نطاقها، والآن هي المجتاحة في العديد من البلدان الأخرى، مع اجتياح خطير من الصين وإيطاليا وإسبانيا والبرتغال والمملكة العربية السعودية وإثيوبيا واليمن وفرنسا (نوفوا وآخرون، 2014). تمت زراعة العديد من أنواع الصبّاريات المشهورة المجتاحة أو تم تصنيفها في مدغشقر، ولكن لم يعترف بعد بكونها نباتات مجتاحة (كول وآخرون، 2012). في عام 2010، كشفت دراسة موجزة عن الصبّار المجتاح في ناميبيا عن 25 نوعاً مجتاحاً بصورة خطرة، دون التحفيز على مكافحته أو منع مزيد من الاجتياحات (زيمرمان، 2010). وقد تم تسجيل نوعين فقط من الصبّار في أنغولا (فيغيريدو وسميث، 2008). بشكل عام، لا تلقى قوائم الصبّار المجتاح الاهتمام الكافي بسبب العينات العشبية الضعيفة وعدم كفاية الدراسات الاستقصائية. فمن الصعب إعداد عينات أعشاب جيدة من العصاريات. بالإضافة إلى ذلك، فُقدت العديد من العينات، بما في ذلك العينات من النوع المجتاح، بسبب التلف أو سوء المعالجة (أندرسون، 2001؛ تشينوك، 2015).

وفي الوقت الحاضر، توجد أنواع الصبّار المجتاحة العدائية في مناطق صخرية خاصة وعامة في مناطق بعيدة مثل اليونان وتركيا وكرواتيا. ومن شأن الوصول السهل إلى نباتات الصبّار المعروفة في المشاتل (الشكل 1) وعلى شبكة الإنترنت (هومير وآخرون، 2015) أن يؤدي حتما إلى زيادة ثبات هذه الأعشاب واجتياحها لاحقا. ولحسن الحظ، فإن حشائش الصبّار تحتاج إلى فترة زمنية طويلة قبل أن يعترف بها كمجتاحة؛ وهذا يوفر فرصا للكشف المبكر ومبادرات الاستجابة السريعة. ويمكن توقع حدوث زيادة هائلة في اجتياح الصبّار؛

الجدول 3 نباتات الـ Cactoideae و Pereskioideae المجتاحة الغريبة الرئيسية: أصل المنشأ، دول الاجتياح، الاستخدام، الحالة والإدارة

الأجناس والأنواع والأصل	البلدان التي أدخلت فيها واجتاحتها	الاستخدام	الحالة كمجتاح	المكافحة	المراجع الأساسية
العائلة الفرعية: **Cactoideae**					
الجنس: Acanthocereus					
A. tetragonus (L.) Hmlk أمريكا الوسطى	أستراليا	نبات زينة	غير خطير ومحدد الموقع	لا يوجد	مان، 1970
الجنس: Cereus					
C. jamacaru (DC) جنوب أمريكا	جنوب أفريقيا ناميبيا	نبات زينة	خطير	المكافحة البيولوجية بصورة معقولة فعالة لكن بطيئة	بيترسون وآخرون، 2011
C. hildemanianus Schum (= C. anus)أوروجواي	جنوب أفريقيا	نبات زينة	غير خطير	لا يوجد	والترز وآخرون. 2011
C. hexagonus (L.) Mill. شمال أمريكا الجنوبية	أستراليا	نبات زينة	غير خطير	لا يوجد	هوسكينغ وآخرون، 1988

الجدول 3 نباتات الـ Cactoideae و Pereskioideae المجتاحة الغريبة الرئيسية: أصل المنشأ، دول الاجتياح، الاستخدام، الحالة والإدارة

الأجناس والأنواع والأصل	البلدان التي أدخلت فيها واجتاحتها	الاستخدام	الحالة كمجتاح	الإدارة	المراجع الأساسية
الجنس:Echinopsis					
E. oxygona (Link.) Zucc. ex Pf شمال غرب الأرجنتين	أستراليا	نبات زينة	غير خطير	لا يوجد	نوفوا وآخرون،2014
E. chamaecereus FrdH & Glae	أستراليا	نبات زينة	غير خطير		نوفوا وآخرون،2014
E. schickendantzii Weber (E. spachiana) شمال غرب الأرجنتين	جنوب أفريقيا	نبات زينة	خطير	المكافحة الكيميائية المحدود	والترز وآخرون.2011
الجنس:Harrisia					
H. balansae (K. Scum) Tayl. & Zappi الأرجنتين	جنوب أفريقيا	نبات زينة وأسوار	غير خطير ومحدود الموقع للغاية	هدف برنامج الاستجابة السريعة إلى الاستئصال	والترز وآخرون،2011
H. martinii (Lab.) Britt. الأرجنتين	أستراليا جنوب أفريقيا	نبات زينة	بعد غير خطير مكافحة حيوية جيدة	المكافحة البيولوجية باستخدام *Hypogeococcus festerianus*	كلين،1999
H. pomanensis (Web.) Britt. & Rose Chaco of جنوب أمريكا	أستراليا جنوب أفريقيا	نبات زينة	محجم الحيز للغاية	هدف برنامج الاستجابة السريعة في جنوب أفريقيا إلى الاستئصال	نوفوا وآخرون،2014
الجنس:Hylocereus					
H. undatus (Haw.) Britt. & Rose أمريكا الوسطى	جنوب أفريقيا	زراعة تجارية لتوفير ثمار	غير خطير ومحدد الموقع	لا يوجد	والترز وآخرون،2011
H. polyrhizus (Web.) Britt. & Rose	جزر المحيط الهادي	نبات زينة	الحال غير معروف	لا يوجد	نوفوا وآخرون،2014
H. costaricensis (Web.) Britt. & Rose	جزر المحيط الهادي	نبات زينة	عشب ناشئ	لا يوجد	نوفوا وآخرون،2014
H. triangularis (L.) Britt. & Rose	إسبانيا	نبات زينة	عشب ناشئ	لا يوجد	نوفوا وآخرون،2014
الجنس: Myrtillocactus					
M. geometrizans (Pf) Cons أمريكا الوسطى	جنوب أفريقيا	نبات زينة	غير خطير ومحدود الموقع للغاية	لا يوجد	والترز وآخرون،2011
الجنس:Peniocereus					
P. serpentinus (Lag. & Rodr.) Tayl المكسيك	أستراليا جنوب أفريقيا	نبات زينة	غير خطير	لا يوجد	والترز وآخرون،2011
الجنس: Selenicereus					
S. macdonaldiae (Hk) Britt. & Rose هندوراس	أستراليا	نبات زينة	غير خطير	لا يوجد	راندال،2002
العائلة الفرعية: **Pereskioideae**					
الجنس:Pereskia					
P. aculeata Mill.	جنوب أفريقيا أستراليا	تم استخدامه كسياج للحماية وفاكهة لمحلات الحلويات	خطير في جنوب أفريقيا تحدد موقعه في أستراليا	أول محاولة في المكافحة البيولوجية باستخدام اثنتين من الحشرات للمكافحة الكيميائية	بيترسون وآخرون، 2011

إدارة أنواع Opuntioideae المجتاحة

توجد خيارات واسعة النطاق لإدارة ومكافحة أنواع Opuntioideae المجتاحة:

- الوقاية (المكافحة قبل الحدود) ؛
- الكشف المبكر والاستجابة السريعة؛
- تحليل المخاطر؛
- المكافحة الكيميائية والبيولوجية والميكانيكية. و
- الاستخدام.

غالبا ما يؤدي تضارب المصالح إلى عرقلة المكافحة: فقد ينظر البعض إلى الأعشاب الضارة للصبّارعلى أنها مفيدة، بينما ينظر آخرون إليها على أنها تمثل مشكلة تحتاج إلى مكافحتها. وتضارب المصالح هذا قد يصبح أكبرعائق أمام البحث عن حلول، وخاصة بين Opuntiae وقبائل Hylocereeae وCereeae.

الشكل رقم (2)

اجتياح Opuntia stricta في السعودية: المنشأ الولايات المتحدة [1] للحصول على أكثرتفاصيل عن المكافحة البيولوجية من الصبّار المجتاح، راجع، ونستون آخرون، (2014) أو www.ibiocontrol.org/catalog

المكافحة البيولوجية

وتعود التقارير الأولى عن مشروع مكافحة بيولوجية مخطط له بشكل مقصود وناجح في مجال الصبّار إلى عام 1913 عندما تم إدخال الحشرة القرمزية، Dactylopius ceylonicus (الأخضر) من الهند لمكافحة O. Monacantha في جنوب أفريقيا (لونسبري، 1915؛ زيمرمان وآخرون.، 2009). وقد تكرر هذا النجاح في ريونيون وموريشيوس وأستراليا، وشجع العلماء في أستراليا على الشروع في أحد أكبروأهم المشاريع في التاريخ للمكافحة البيولوجية للأعشاب الضارة، ألا وهو المكافحة البيولوجية الناجحة لـ O. stricta (Haw.) Haw. في كوينزلاند ونيو ساوث ويلز في عشرينات وثلاثينات القرن الماضي (دود، 1940؛ مان، 1970؛ زيمرمان وآخرون، 2009). ومنذ ذلك الحين، وُجهت المكافحة البيولوجية ضد 28 نوعاً من الصبّاريات المجتاحة الأخرى، والتي تضمنت الإنشاء الناجح لأكثر من 22 نوعاً من الحشرات والعث التي تتغذى على الصبّار(زيمرمان وآخرون، 2009). وقد حقق ما يقرب من 42 في المائة من هذه المشاريع نجاحاً تاماً؛ وحققت 18 في المائة أخرى مكافحة كبيرة (زيمرمان وآخرون، 2009؛ كلاين، 2011؛ هوسكينغ، 2012؛ ونستون وآخرون، محررون، 2014). في الآونة الأخيرة، تم التحكم بنجاح في Cylindropuntia fulgida var. fulgida (Eng.) Knuth و C.fulgida var. mamillata (الشكل 2) في جنوب أفريقيا (باترسون وآخرون، 2011).

الجدول 4 يسرد أهم أنواع الصبّار المجتاح التي تعرضت للمكافحة البيولوجية. لا تشمل القائمة الأنواع التي أصبحت مجتاحة في موائلها الأصلية، والتي تشمل عوامل التحلل البيولوجي التي لم تثبت أو تؤثر على عائل الصبّار[1].

الجدول 4 أنواع اجتياح الصبّار الغريبة المجتاحة:لبعض البلدان ونتائج الأعداء الطبيعيين التي تم إدخالهم عمداً للمكافحة البيولوجية

نوع الصبّارالمجتاح	البلد التي تم إدخال المكافحة البيولوجية فيها	الاستخدام	الحالة كمجتاح
العائلة الفرعية: **Opuntioideae**			
الجنس: Opuntia			
O. aurantiaca Lindl. (الأرجنتين، أوروجواي)	أستراليا	(Berg) *cactorum Cactoblastis*	معتدل بصورة متغيرة
	جنوب أفريقيا		معتدل
	أستراليا	(Dyar) *tapiacola Zophodia*	معتدل
	أستراليا	Lotto De austrinus Dactylopius	هائل
	جنوب أفريقيا		هائل
O. elata Link & Otto ex S-D	أستراليا	(Green) *Dactylopius* ceylonicus	طفيف
O. elatior Mill. (أمريكا الوسطى)	إندونيسيا	*(opuntiae (Cockerell Dactylopius* "indica-ficus" نوع حيوي	مفرط
	كينيا		?
	الهند		مفرط

(تتمة)

نوع الصبّارالمجتاح	البلد التي تم إدخال المكافحة البيولوجية فيها	الاستخدام	الحالة كمجتاح
O. engelmannii S-D ex Eng. 3 أصناف (الولايات المتحدة)	جنوب أفريقيا أستراليا	Dactylopius opuntiae (Cockerell) نوع حيوي "ficus-indica"	معتدل إلى طفيف بناء على الصنف
	كينيا		غير معروف
O. ficus-indica (L.) Mill. (spiny)(المكسيك)	أستراليا	Dactylopius opuntiae (Cockerell) نوع حيوي "ficus-indica"	معتدل
	جنوب أفريقيا		هائل
	هاواي		هائل
	أستراليا	Cactoblastis cactorum	هائل
	جنوب أفريقيا		هائل
	هاواي		هائل
	موريشيوس		هائل
	جنوب أفريقيا	Metamasius spinolae (Gyllenhall)	هائل (محدد الموقع)
	هاواي	Archlagocheirus funestus (Thomson)	هائل
	جنوب أفريقيا		طفيف
O. humifusa (Raf.) Raf. (الولايات المتحدة)	جنوب أفريقيا	Dactylopius opuntiae (Cockerell) نوع حيوي "stricta"	مفرط
		Cactoblastis cactorum (Berg)	طفيف
O. leucotricha (DC.) (المكسيك)	جنوب أفريقيا	Dactylopius opuntiae (Cockerell) نوع حيوي "ficus-indica"	معتدل
		Cactoblastis cactorum (Berg)	طفيف
O. monacantha Haw. (أمريكا الجنوبية)	أستراليا	Dactylopius ceylonicus (Green)	مفرط
	الهند		مفرط
	كينيا		معتدل
	سري لانكا		مفرط
	مدغشقر		مفرط
	موريشيوس		مفرط
	تنزانيا		معتدل
	جنوب أفريقيا		مفرط
	جزيرة أسنسيون ؟		معتدل
	موريشيوس	Cactoblastis cactorum (Berg)	هائل
	جنوب أفريقيا		طفيف
O. robusta (spiny) (الولايات المتحدة)	أستراليا	Dactylopius opuntiae (Cockerell) نوع حيوي "ficus-indica"	هائل
	جنوب أفريقيا		معتدل
	أستراليا	Cactoblastis cactorum (Berg)	هائل
	جنوب أفريقيا		هائل
O. salmiana (Parm.) ex Pf(الأرجنتين)	جنوب أفريقيا	Cactoblastis cactorum (Berg)	طفيف
	أستراليا	Dactylopius opuntiae (Cockerell) نوع حيوي "stricta"	مفرط بصورة أولية
	الهند		مفرط
	كينيا		مفرط
	الهند		مفرط
	ناميبيا		معتدل
	السعودية		محتمل أن يكون مفرط
	سري لانكا		هائل

(تتمة)

نوع الصبّارالمجتاح	البلد التي تم إدخال المكافحة البيولوجية فيها	الاستخدام	الحالة كمجتاح
O. stricta[b] (Haw.) Haw. (صنفان) (الولايات المتحدة، المكسيك)	أستراليا	Cactoblastis cactorum (Berg)	كثيف
	كينيا		طفيف
	ناميبيا		معتدل
	كاليدونيا الجديدة		هائل
	جنوب أفريقيا		معتدل
	أستراليا	Moneilema blapsides Newman	طفيف
O. streptacantha Lem. (المكسيك)	أستراليا	نوع حيوي Dactylopius opuntiae (Cockerell) "ficus-indica"	هائل
		Cactoblastis cactorum (Berg)	معتدل على النباتات الصغيرة
		Archlagocheirus funestus (Thomson)	طفيف
		Moneilema blapsides Newman	طفيف
		Lagocheirus funestus Thomson	طفيف
O. tomentosa S-D. (المكسيك)	أستراليا	نوع حيوي Dactylopius opuntiae (Cockerell) "ficus-indica"	معتدل
	جنوب أفريقيا		هائل
	أستراليا	Cactoblastis cactorum (Berg)	طفيف
O. tuna[a] (L.) Mill.(الكاريبي)	موريشيوس	نوع حيوي Dactylopius opuntiae (Cockerell) "ficus-indica"	معتدل بصورة أولية
		Cactoblastis cactorum (Berg)	كثيف
الجنس: Cylindr			
C. fulgida (Eng.) Knuth var. fulgida (Sonora، المكسيك، الولايات المتحدة)	جنوب أفريقيا	*Dactylopius tomentosus* (Lamarck) "*cholla*"نوع حيوي	كثيف
	زيمبابوي		كثيف
C. fulgida (Eng.) Knuth var. mamillata (الولايات المتحدة)	أستراليا	*Dactylopius tomentosus* (Lamarck) "*cholla*"نوع حيوي	تقدم جيد
	ناميبيا		كثيف
	جنوب أفريقيا		كثيف
	زيمبابوي		كثيف
C. imbricata (Haw.) Knuth(المكسيك، الولايات المتحدة)	أستراليا	*Dactylopius tomentosus* (Lamarck) "*imbricate*"نوع حيوي	كثيف
	ناميبيا		هائل
	بتسوانا		هائل
	جنوب أفريقيا		هائل
	جنوب أفريقيا	*Cactoblastis cactorum* (Berg)	طفيف
C. leptocaulis (DC) Knuth (الولايات المتحدة)	أستراليا	*Dactylopius tomentosus* (Lamarck) "*imbricate*"نوع حيوي	هائل
	جنوب أفريقيا		كثيف
C. kleiniei (DC) Knuth (المكسيك، الولايات المتحدة)	أستراليا	*Dactylopius tomentosus* (Lamarck) "*imbricate*"نوع حيوي	هائل
C. rosea (DC) Bkbg (المكسيك)	أستراليا	*Dactylopius tomentosus* (Lamarck) *"imbricate"*نوع حيوي	طفيف

العائلة الفرعية: **Cactoideae**

الجنس: *Acanthocereus*			
A. tetragonus (L.) Hmlk (الأرجنتين)	أستراليا	*Hypogeococcus festerianus* (Lizer & Trellis)	معتدل
الجنس: *Cereus*			
(C. jamacaru (DC (الأرجنتين، البرازيل)	جنوب أفريقيا	*Nealcidion cereicola* (Fisher)	هائل حيث يثبت النوع
		Hypogeococcus festerianus (Lizer & Trellis)	هائل

(تتمة)

نوع الصبّارالمجتاح	البلد التي تم إدخال المكافحة البيولوجية فيها	الاستخدام	الحالة كمجتاح
الجنس: *Harrisia*			
H. balansae (KSch) Taylor & Zappi (الأرجنتين)	جنوب أفريقيا	*Hypogeococcus festerianus* (Lizer & Trellis)	هائل
H. martinii (Lab.) Britt.(الأرجنتين)	أستراليا	*Hypogeococcus festerianus* (Lizer & Trellis)	هائل
	جنوب أفريقيا		هائل
	جنوب أفريقيا	*Nealcidion cereicola* (Fisher)	طفيف إلى معتدل
H. pomanensis (Web) Britt. & Rose (الأرجنتين)	جنوب أفريقيا	*Hypogeococcus festerianus* (Lizer & Trellis)	هائل
H. regelii (Wngt) Borg(الأرجنتين)	أستراليا	*Hypogeococcus festerianus* (Lizer & Trellis)	هائل
H. tortuosa (Otto & Dietr.) Britt. & Rose	أستراليا	*Hypogeococcus festerianus* (Lizer & Trellis)	هائل
العائلة الفرعية: **Pereskioideae**			
الجنس: *Pereskia*			
P. aculeata Mill. (الأرجنتين، البرازيل)	جنوب أفريقيا	*Phenrica guerini* Bechyne	طفيف

[a] O. tuna لم يعد معترف به كنوع (هانت وآخرون، 2006).

[b] O. dillenii يعتبر الآن صورة شوكية من O. stricta وأحياناً يستشهد به كنوع فرعي.

كانت المكافحة البيولوجية على الصبّارعموما أسهل من الأصناف في العائلات النباتية الأخرى. ويرجع ذلك إلى غياب الأنواع الصبّارية الأصلية خارج الأمريكتين، باستثناء Rhipsalis baccifera (Mill.) Stearn، التي وصلت إلى جنوب أفريقيا ومدغشقروسريلانكا على الأرجح مع الطيور المهاجرة (ريبمان وبينكافا، 2001). وقد سمحت هذه المجموعة من الظروف باستخدام آمن للحشرات والعث النباتي التي تعد أقل تحديدا للعائل. ومع ذلك، وباعتبار أن ثمارصبّارO.ficus-indica تزداد أهمية في جميع أنحاء العالم، فإن اختيار عوامل المكافحة البيولوجية الجديدة يقيد بشكل متزايد، وخاصة في حالة أنواع الصبّارالمثمر، لأنه لا يمكن السماح بتعريض سلامة هذا المحصول العالمي الجديد للخطر. من الصعب على نحو متزايد العثور على أعداء طبيعيين خارج Dactylopiidae التي تكون محددة بالعائل بصورة كافية بما فيه الكفاية لاعتبارها للمكافحة البيولوجية على أنواع الصبّارالمجتاحة.

وفي الآونة الأخيرة، يمكن أن تعزى المكافحة البيولوجية الناجحة لنباتات الصبّارالمجتاحة إلى تأثيرات المجتمعة الجديدة (هوكانن و بيمنتل، 1989). وينطبق هذا في المقام الأول على الحشرات كوشينل، ويقتضي استخدام عوامل المكافحة البيولوجية التي ليس لها تاريخ حديث من التفاعل المركز في زمن النشوء مع عائلها. والهدف من ذلك هو الاستفادة من الافتقار إلى التآزر المتطور المشترك بين الكثير من نظم المفترسات - الطريدة. وقد تم مؤخرا تحديد وتقييم نوعين حيويين من الحشرة القرمزية (= الأنماط الجينية): صبّار(Cockerell Dacty- lopius) (النمط الحيوي « stricta») و D. to- mentosa (Lamarck) (النمط الحيوي "cholla") (جيثور وآخرون، 1999؛ فولتشانسكي وآخرون،1999؛ ماثنغ وآخرون، 2009 ؛ جونز وآخرون، 2014).

فهي توفر مكافحة ممتازة ل O.stricta var. stricta, O. humifusa و C. ful- gida var. fulgida و C. fulgida var. mamillata resp. ليس فقط في جنوب أفريقيا، ولكن أيضاً في أستراليا وكينيا والمملكة العربية السعودية (باترسون وآخرون، 2011). يسلط المزيد من البحث الضوء على إيجاد أنماط حيوية جديدة من الحشرة القرمزية O. engelmannii, O.elata S-D, C. pallida (Rose) Knuth و C. spinosior (Eng.)Knuth.

ولا ينبغي استبعاد وجود أنماط بيولوجية مكيّفة حسب العائل داخل أنواع الشوائب، Hypogeococcus festerianus Granara de Willink genera ،

من أجل المكافحة على النباتات المجتاحة في الأجناس Harrisia و Cereus.

وتُعد آفاق المكافحة البيولوجية للنباتات المجتاحة الجديدة من الصبّاريات جيدة بصفة عامة.

إن مخاطر المكافحة البيولوجية منخفضة. ليست هناك أيّة حالات معروفة من التأثيرات غير المتوقعة غير المستهدفة لعوامل المكافحة البيولوجية على الصبّاروتعرف أنواع Cactophagous arthropods بأنها محددة بالعائل لنوع Cactaceae ؛ حيث تكون عائلة النبات مستوطنة في الأمريكتين، ومن غير المحتمل تماماً أن يحدث تحويل غير متوقع للعائل إلى عائلة نبات آخر خارج مداه الأصلي. وكان يُعرف عن عثة الصبّار(Cactoblastis cactorum Berg)، والحشرة القرمزية D. opuntiae، أن لها العديد من العوائل في نطاق جنس Opuntia؛ وكان من المتوقع أن كلتا الحشرتين يمكن أن تستقر على شجرة الصبّار الملساء المزروعةوOpuntiae المجتاح. كان استخدام هاتين الحشرتين للمكافحة البيولوجية مبنياً على مخاطر محسوبة، مع الوضع في الاعتبار مخاطر اجتياح الصبّار في ذلك الوقت.

من ناحية أخرى، كان الإدخال المتعمد لعثة الصبّار إلى بعض جزر الكاريبي في عام 1957 مؤسفا للغاية وينم عن سوء تصور (زيمرمان وآخرون، 2001). وقد تم إدخالها لمكافحة O. triacantha (Willd.) Sw الأصلية وكان من المعروف أن العثة سوف تتطور أيضاً على معظم الأنواع الأخرى في جنس

Opuntia في جزر الهند الغربية. وبمرور الوقت انتشرت العثة في البر الرئيسي الأمريكي من خلال تجارة الشتلات (بيمبرتون، 1995)، عن طريق الأحداث المناخية أو من خلال العديد من عمليات إدخال الأصناف مباشرة من أمريكا الجنوبية (مارسيكو وآخرون، 2011). وهي الآن تهدد أنواع Opuntia الأصلية في الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك.

وقد يكون cochineal, D. opuntiae للحشرة القرمزية، التي تستخدم على نطاق واسع كعامل مكافحة حيوية خارج نطاقها الأصلي (الولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك)، قد تم نقلها في صورة ملوث على المواد النباتية الخضرية إلى عدة بلدان، بما في ذلك منطقة البحر الأبيض المتوسط. كما تم إدخالها عن غير قصد، من خلال الخلط بينها وبين الحشرة القرمزية، D. coccus. بالإضافة إلى ذلك، وبما أنه يتم تشتيتها بالرياح، فهناك كذلك فرصة بعيدة أن تكون قد وصلت إلى الصبّار من خلال التيارات الهوائية، ولاسيما حيث تكون المزارع قريبة من تجمعات الصبّار المجتاحة المصابة بالحشرات. يمكن أن يحدث هذا فقط حيث يتم استخدام الصبّار D opuntiae.لتحقيق المكافحة البيولوجية، على سبيل المثال، في جنوب أفريقيا والهند وسريلانكا وكينيا وإندونيسيا وأستراليا وهاواي وموريشيوس. ومن الضروري للغاية ضمان استخدام المواد النباتية الخالية من الملوثات فقط لمزروعات الصبّار الجديدة.

المكافحة الكيميائية والميكانيكية

ونادرا ما تكون المكافحة الميكانيكية خيارا صالحا للتعامل مع اجتياح الصبّار، لأن التكاثر الخضري يمكن أن يحدث من شظايا صغيرة تبقى بعد الإزالة المادية. ويُوصى بالمكافحة الكيميائية حيثما يتطلب الأمر حصر الاجتياح الصغير والجديد أو التحكم فيه أو حتى استئصاله، ولكنه نادراً ما يكون مجدياً عندما يقتضي الأمر المكافحة على أعداد كبيرة وممتدة. وقد فشلت عدة حملات كيميائية في تاريخ المكافحة الصبّار بسبب التكاليف المتضمنة والرجوع السريع للنباتات: فليس هناك حد زمني للتحكم الكيميائي (دود، 1940؛ أنيك وموران، 1978؛ موران وأنيك، 1979).

تؤدي طبقات الشمع الواقية السميكة ومسار البناء الضوئي لأيض حمض كراسولاسيان (بثغيرات مغلقة في النهار) في معظم أنواع الصبّار إلى تقييد شديد امتصاص مبيدات الأعشاب الموضوعة على الأوراق، إلا إذا تم استخدام مواد إضافة فعالة للترطيب. ومع ذلك، فإن معظم نباتات الصبّار المجتاحة، تفسح المجال لوقف العلاجات بالحقن في الجذع بمبيدات الأعشاب بسبب طبيعتها النضرة. تتمثل المزايا في النقل السريع إلى جميع أجزاء النبات، والحد الأدنى من الإضرار بالأنواع غير المستهدفة والتكاليف المنخفضة. يمثل الوصول إلى ألواح النبات في أنواع معينة من الصبّار تشكل أسمك نوع وطبيعة شائكة مشكلة محتملة عند استخدام طريقة حقن اللوح (جروبلر، 2005).

الوقاية

وتجري حاليا بحوث لمنع إدخال واستيطان أنواع مجتاحة جديدة من الصبّار. وتشمل المبادرات إجراءات مراقبة صارمة ما بعد الحدود، وتقييمات المخاطر قبل إدخال الأنواع، وتحديد وتنظيم المسارات المحتملة للإدخال (نوفوا وآخرون، 2015). يمكن للتشريعات أن تلعب دوراً هاماً في منع إنشاء صبّاريات مجتاحة جديدة أو في مكافحة الصبّاريات المجتاحة. ويمكن أن يشمل ذلك تجميع قوائم بالأنواع المحظورة والأنواع التي تتضمن تدابير مكافحة إجبارية. وفي جنوب أفريقيا، أدرج 34 نوعاً من أنواع الصبّار في عدة فئات من النباتات الغريبة المجتاحة بموجب اللوائح الوطنية لهيئة إدارة البيئة، التي تجعل المكافحة إلزامية (أنون، 2014).

ويظهر تحليل الـ 57 نوعاً من الصبّاريات المجتاحة على نطاق عالمي أن الأنواع في بعض الأجناس تكون عرضة لأن تصبح مجتاحة أكثر من غيرها. ففي الجنس Opuntia وحده، يوجد بالفعل 26 نوعاً (من أصل 181) مجتاحاً في مكان ما في العالم. وبالمثل، في الجنس Harrisia، توجد حالياً خمسة أنواع مجتاحة (من أصل 20). ولذلك، قد يكون هناك سبب يدعو بلداً بعينه لأن يعلن أن جنساً برمته غير مرغوب فيه. ويطبق هذا النهج بالفعل في جنوب أفريقيا، حيث يحظر إدخال جميع الأنواع الجديدة في أجناس Cylindropuntia و Harrisia و Opuntia(أنون، 2014)، رغم أن هذه الأنواع التي تم توطينها بالفعل، باستثناء الأنواع ذات القيمة التجارية، تخضع للمراقبة الإجبارية (أنون، 2014). وباستثناء O. ficus-indica الأملس، فإن جميع الأنواع في أجناس Opuntia, Austrocylindropuntia و Cylindropuntia، تم الإعلان عنها على أنها «أعشاب ضارة على المستوى الوطني» في أستراليا (يمكن إضافة الجنس Corynopuntia إلى القائمة (تشينوك، 2015). ومن المستبعد جداً أن تمنح التصاريح لإدخال أي أنواع موجودة في هذه الأجناس. وقد يتعين على بلدان أخرى أن تنظر في وضع تشريعات مماثلة.

هناك أكثر من 800 نوع من أنواع الصبّار والتي تدخل في تجارة الصبّار لأغراض الزينة، منها 25 نوعاً من النباتات المجتاحة المعروفة (نوفوا وآخرون، 2016). وقد تم إدخال 266 صنفاً على الأقل من هذه الأنواع إلى بلدان أخرى في صورة بذور في الأساس. إنّ فحص هذه الأعداد الكبيرة من الأصناف المدخلة لمعرفة الأنواع المجتاحة المحتملة يمثل تحدياً، لاسيما عندما يتم استيرادها كبذور (هيمر وآخرون، 2015)، ونيوزيلندا هي البلد الوحيد الذي يراقب جميع الواردات من البذور. ومع ذلك، فإن القاعدة العامة المستمدة من التجربة العملية هي أن الأنواع ذات البذور الكبيرة والثقيلة من المحتمل أن تكون مجتاحة أكثر من الأنواع ذات البذور الصغيرة (نوفوا وآخرون، 2016) (الاستثناءات هي جنس Echinopsis و Cereus و Harrisia). إن أفضل خيار لحظر إدخال الأنواع الضارة قد يكون تقييما للمخاطر على مستوى الجنس، ويتم تنفيذه بالتشاور مع المستوردين وتجار أنواع الصبّار البستانية. توجه إحدى التوصيات إلى أنه ينبغي حظر جميع الأجناس التي تحتوي على أنواع مجتاحة.

وفي الوقت الراهن، لم تحظر جنوب أفريقيا سوى الواردات من الأنواع غير الموجودة بالفعل في البلد من أجناس Opuntia و Cylindropuntia و Harrisia (أنون، 2014). معظم أنواع الصبّار في تجارة نباتات الزينة تنتمي إلى هذه الأجناس مع عدم وجود أنواع مجتاحة مسجلة. وحتى الآن، لم يتم الإبلاغ عن أي نوع من الأنواع المجتاحة في الجنس الكبير Mamillaria؛ بالتالي يمكن استبعاد هذه المجموعة الشعبية للغاية بين نباتات الزينة من اللوائح التنظيمية.

تكمن الخصائص الأخرى التي يمكن أن تكون مفيدة في تقييمات المخاطر في استراتيجيات التكاثر وناقلات التشتت.

الاستخدام وتضارب المصالح

وقد تطورت ثقافة استخدام أنواع الصبّار (وبشكل رئيسي Opuntiae) على مدى آلاف السنوات، ولاسيما في المكسيك وبعض بلدان وسط وجنوب أميركا. وعلى مدى الـ400 عام الماضية، عندما كان يتم إدخال نبات إلى بلد آخر، لم تنتقل ثقافة الاستخدام دائماً معه. في البلدان التي أصبح فيها الصبّار (فصيلة O. ficus-indica الشوكية) اجتياحياً، تحول النبات تحولاً واضحاً من «مفيد» أثناء الإنشاء إلى «مزعج» في طور التوسع اللاحق إلى أن نظر إليه في نهاية المطاف على أنه كارثة وطنية. ومع ذلك، في الآونة الأخيرة، كان هناك انتعاش كبير في العديد من استخدامات الصبّار (فصيلة O. ficus-indica الملساء)، وهذه الاستخدامات يمكن أن تنطبق أيضاً على الصبّار الشوكي. هناك مجموعة واسعة من المراجع حول هذه الاستخدامات، بما في ذلك العديد من الوصفات والمنتجات الثانوية لـ«التونة» (نوع من الفاكهة) وفروع الصبّار nopalitos (ألواح رقيقة تستخدم كخضروات خضراء) والتطبيقات الطبية (دي وال وآخرون، 2015؛ سينزوآخرون، محرروون، 2006). ويتزايد حالياً استخدام الأجزاء الخضرية من O. robusta ،O. ficus-indica ومؤخراً N. cochenillifera كمصدر للأعلاف، وفي بعض البلدان كالبرازيل، تطور ذلك إلى صناعة كبيرة (موندراغون جاكوبو وبيريز غونزاليس، 2001؛ دوبيوكس وآخرون، 2015 أ). كما يعدّ صبّار ficus-indica العائل الرئيسي لإنتاج الحشرة القرمزية، D. coccus (كوستا)، وهي صناعة رئيسية في بيرو (فلوريس فلوريس وتيكيلينبورغ، 1995). ولقد بذلت جهود لا بأس بها لتطبيق هذه الاستخدامات الكثيرة للمجموعات المجتاحة من الصبّار، في محاولة لعكس حالة النبات المجتاح وتحويلها إلى مميزات. ومع ذلك، فإن الاستخدام وحده ليس كافياً للحد من تكثيف الصبّار في إريتريا واليمن وإثيوبيا، حيث يجتاح آلاف الهكتارات ويتمدّد فيها.

وهناك الكثير الذي يمكن تعلمه من البلدان التي استخدم فيها الصبّار على نطاق واسع في جميع الفصائل الفرعية الثلاث على مدى آلاف السنوات من قبل حضارات قديمة، مثل المكسيك (هوفمان، 1995؛ أندرسون، 2001). في المكسيك، تستخدم الأنواع المجتاحة العدوانية المعروفة جيداً، على سبيل المثال C yl. imbricata(Haw) Knuth و O. engelmannii على نطاق واسع في العلف (بنسون، 1982؛ نوبل، 1994).

مرت سنوات عديدة من النقاش والمفاوضات قبل أن يتم البت في قرار البدء في برنامج التحكم الحيوي ضد شجرة صبّار O. ficus-indica لوقف المزيد من الاجتياح في جنوب أفريقيا (أنيك وموران، 1978)، حيث تم إطلاق اثنين من الأعداء الطبيعيين، وهما عثة الصبّار (C. cactorum) والحشرة القرمزية D. opuntiae في عامي 1933 و1938 على التوالي. وبعد التحكم الحيوي الناجح (بيتي، 1948)، بذلت جهود لاستغلال الإصابات الصغيرة المتبقية من أجل مزيد من الخفض لحالته كنبات مجتاح (بروتسش وزيمرمان، 1993، 1995). واليوم، تُستخدم هذه الإصابات المتبقية بشكل جيد، كمصدر للفاكهة بصورة أساسية؛ فلم تعد هناك حاجة إلى المكافحة، إلا في مواقف معينة، كما هو الحال في مناطق الحفظ (بينارت، 2003). وعلى النقيض من ذلك، لم تنفذ إثيوبيا (منطقة تيجراي) وإريتريا مكافحة بيولوجية، ومن غير المحتمل أن تفعل ذلك في المستقبل؛ وبالتالي، فإن الإصابات الكثيفة التي تزيد عن 300 ألف هكتار في إثيوبيا وحدها لا تزال قائمة (بهايلو أند تيججن، 1997؛ هايلي وآخرون، 2002). وأصبح المزارعون المحليون يعتمدون اعتماداً كبيراً على شجرة الصبّار حيث لا يوجد سوى القليل من الغطاء النباتي الطبيعي. لقد انتابهم التردد حيال تدميرولو جزء من الزراعة من خلال المكافحة البيولوجية، لأنهم يخشون فقدان الموارد التي أصبحوا يعتمدون عليها. وعلى الرغم من الجهود التي تبذلها منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (الفاو) لتعزيز الاستخدامات الجديدة وتحسين استخدام الفاكهة والعلف، ليس هناك دليل على انخفاض حالات الإصابة (بورتيلو، تواصل شخصي). وفي بلدان أخرى ذات اجتياحات كبيرة، كالمملكة العربية السعودية واليمن، لم تبدأ بعد برامج الاستخدام النشط، ولا تزال مجموعات الصبّار في ازدياد.

تُعد مدغشقر حالة خاصة، فلم تكن فصيلة صبّار O. ficus-indica، بل بالأحرى كانت O. monacantha (Raketa)، هي التي اجتاحت أجزاء كبيرة من جنوب مدغشقر. فقد تم استخدامه على نطاق واسع - أساسا كمصدر للأعلاف والثمار- حتى أصبح السكان المحليون يعتمدون عليه اعتماداً كاملاً (ميدلتون، 1999؛ كوفمان، 2001). ومع ذلك، نظر بعض السكان المحليين إلى الصبّاركمشكلة (كوفمان، 2001). وحدثت حالات اجتياح مماثلة على نطاق واسع في الهند وأستراليا وموريشيوس وسريلانكا وجنوب أفريقيا، غير أن الأعشاب الضارة لم تستخدم فعلياً، إلا لفترة وجيزة في الهند عندما كانت تستخدم لتربية ما كانوا يعتقدون أنه الحشرة القرمزية، D. coccus (زيمرمان وآخرون، 2009؛ وينستون وآخرون، طبعات، 2014). نتج عن إدخال الحشرة القرمزية، D. ceylonicus إلى مدغشقر في عام 1924 (ما تم تحديده على ما يبدو عن طريق الخطأ على أنه D. coccus، عندما اتجهت النية إلى البدء في صناعة الصباغ القرمزي) تدمير كافة مجموعات الصبّارعملياً في غضون أربع سنوات (ميدلتون، 1999). وأدى ذلك إلى حدوث مجاعة شديدة بين السكان المحليين. ووفقا لميدلتون (1999)، فإن إعادة تأهيل المراعي بعد زوال الصبّار كانت بطيئة للغاية بحيث لم تكن قادرة على ضمان نفس المستوى من الرعي، ما أدى إلى نفوق آلاف الماشية. لقد قام كل من ميدلتون (1999) وكوفمان (2001، 2004) بتوثيق تضارب المصالح بين الرعاة والمجتمعات المحلية والسلطات والسياسيين بصورة جيدة للغاية.

ويبدو أن الناس في مدغشقر قد تعلموا التعايش مع هذه الأنواع المتحولة، وتمثل هذا في الاستخدام المكثف لهذا المورد الجديد الغريب (كول وآخرون، 2012، 2014)، ويرجع ذلك جزئيا إلى عدم وجود خيار آخر لديهم.

اجتياحات O. ficus-indica لتيغراي (إثيوبيا) نتجت عنها آثار مشابهة.

على الجانب الآخر، احتدم الخلاف في جنوب أفريقيا لسنوات حول مسألة البدء في برنامج المكافحة البيولوجية ضد O. ficus-indica (بينارت، 2003). وقد بدأ المشروع في نهاية المطاف في عام 1932، وخفضت الإصابة البيولوجية بنسبة 80 في المائة تقريبا، ما أدى إلى استخدام عدد كاف من النباتات لسكان الريف (أنيك وموران، 1978). ولم يكن الرعاة يعتمدون أبدا على ثمار الصبّاركما هو الحال في مدغشقر، وكان بين العوائق المؤدية إلى ذلك نوع ثمار الصبّار الأملس المزروع وصبّار O. robusta -وهو مشروع بدأته حكومة جنوب أفريقيا للتعويض عن فقدان محصول الصبّاركعلف وثمار (بينارت، 2003). تعد المقاومة للمكافحة البيولوجية على الصبّار المجتاح في بعض البلدان أمراً مفهوماً؛ وتزداد هذه المقاومة تفاقماً عندما يزداد اعتماد السكان على النبات، كما هو الحال في إثيوبيا وإريتريا واليمن.

في الآونة الأخيرة، برزت اجتياحات شديدة من .O.stricta، O.dillenii elatior Mill ،(.O. stricta var. dillenii =) Haw. (Ker-Gawler)، و O.engelmannii ، بمعدل مثير للقلق في مدغشقر وإثيوبيا واليمن والصومال وأنغولا وناميبيا وكينيا. وبما أن عوامل المكافحة البيولوجية الأكثر فاعلية ليست خاصة بالأنواع، وبسبب تضارب المصالح (في الماضي أو الحاضر) في بعض هذه البلدان، فإن هناك فرصة ضئيلة لتنفيذ المكافحة البيولوجية على هذه الأنواع. سيظهر تحليل المخاطر والمنافع في نهاية المطاف أن المكافحة البيولوجية يمكن اعتبارها جزءاً من خطة الإدارة، حتى لو كان ذلك قد ينطوي على أضرار طفيفة للأنواع المزروعة. معظم أنواع الصبّارالمجتاحة هي بالفعل خارج المرحلة التي يمكن فيها تنفيذ المكافحة الكيميائية. وفي الوقت المناسب، سيصبح خيار المكافحة البيولوجية أكثر إلحاحاً إلى أن يصبح في نهاية المطاف جزءاً من برنامج إدارة مكثف أوسع نطاقاً.

وقد أصبح النوع الحيوي "ficus" من حشرة قرمز الصبّار، آفة على الصبّارالمزروع، ليس فقط حيث يتم تنفيذ المكافحة البيولوجية عمداً، ولكن في بلدان أخرى، مثل البرازيل والمغرب وإسبانيا ومصر ولبنان، حيث تم إدخال الحشرة القرمزية عن طريق الخطأ. ويمكن أن ينشأ مستوى آخر من تضارب المصالح حيث إن بعض البلدان تفكر في إدخال مفترسات من الحشرة القرمزية من المكسيك من أجل المكافحة البيولوجية للحشرة القرمزية في زراعات استنبات الصبّار. وهذه المفترسات ليست محددة بالعائل، وقد تسيطر على جميع أنواع Dactylopius والأنماط البيولوجية، بما في ذلك تلك التي تعتبر حيوية للمكافحة على العديد من الصبّارالمجتاح. وهذا قد يقلل بشدة من فعالية المكافحة البيولوجية. ولهذا السبب، تفرض جنوب أفريقيا وقفاً مؤقتاً على استيراد ونشر أي مفترس يمكن أن يؤثر سلباً على الأعداء الطبيعيين للحشرة القرمزية. ولسوء الحظ، فإن أية عمليات إطلاق لمفترسات في شمال أفريقيا قد تهاجر، في نهاية المطاف،

جنوبا إلى البلدان التي تعتمد على الحشرة القرمزية للمكافحة البيولوجية على الصبّارالمجتاح.

الاستنتاجات

يُعدّ الصبّارمحصول الأراضي الجافة متعدّد الأغراض المعدّ، والمقرّر أن تزداد أهميته مع زيادة الاحترار العالمي وزيادة ظاهرة التصحّر. فهو يتيح إمكانيات عظيمة للبلدان النامية في المناطق القاحلة، غير أن هذه البلدان تواجه في الوقت ذاته المشكلة المتفاقمة المتمثلة في غزو الصبّار لها. ويمكن أن يمثل الاستخدام المبتكر لهذه الأنواع من الصبّار، التي تكون في الأساس من جنس Opuntia، إحدى السبل للتخفيف جزئياً من هذا التهديد. وثمة خيار أكثر جدوى يتمثل في المقام الأول في منع إدخال وإنشاء نباتات مجتاحة جديدة. يجب إجراء أبحاث لإيجاد أساليب مبتكرة ومتكاملة لمكافحة هذه الاجتياحات. لذا من المستحسن أن تركز البحوث على استخدام الكتلة البيولوجية الكبيرة من العديد من الأنواع المجتاحة. في بعض الحالات، قد يكون من الممكن العثور على عوامل تحكم حيوي مخصّصة للأنواع الجديدة، بما في ذلك الأنواع البيولوجية الجديدة من الحشرة القرمزية، والتي من شأنها أن تحل بعض المشكلات (زيمرمان وآخرون، 2009). أجرى الخبراء المتخصصون في النباتات الغريبة المجتاحة في جنوب أفريقيا وأماكن أخرى بحوثاً قيمة للتنبؤ بالنباتات المجتاحة الجديدة، ولا سيما من داخل تجارة الشتلات كثيرة العصارة. وقد اقتصر تضارب المصالح حتى الآن على صبّار Opuntiae، ولكن المحاصيل الجديدة الناشئة في أجناس Cereus و Hylocereus(نيرد وآخرون، 2002)- والتي يحتوي كل منها على أنواع مجتاحة- يمكن أن تتسبب في نشوء تضاربات جديدة. ومن المعروف أن الأعداء الطبيعيين (على سبيل المثال، H. festerianus) التي تم إطلاقها للتحكم في أنواع Harrisia و Cereusالمجتاحة في أستراليا وجنوب أفريقيا لديها القدرة على إلحاق الضرر بعدة أنواع في قبائل Cereeae و Trichocereeae(مكفادين، 1979؛ مكفادين و توملي، 1981).

بالمقارنة بما كانت عليه الحال منذ 20 عاما مضت، هناك العديد من النباتات المجتاحة الجديدة في العائلة الفرعية من الصبّاريات، التي تنحدر معظمها من تجارة المشاتل. ومن المرجح أن يستمر هذا الاتجاه، حيث يقبع العديد من نباتات الصبّارالجديدة المجتاحة في الانتظار، وعلى أهبة الاستعداد للانتقال إلى الطور الأساسي من الاجتياح. ففي مدغشقر وحدها، ينظر إلى نوعين فقط - من بين الـ 52 نوعاً من أنواع الصبّارالمزروعة أو التي تم توطينها على أنهما من الأنواع المجتاحة (كول وآخرون، 2012، 2014). ومن بين الأنواع الخمسين المتبقية، تم تسجيل 24 نوعاً بوصفها مجتاحة في بلدان أخرى (الجدولان 2 و3)، بما في ذلك بعض أسوأ نباتات الصبّارالمعروفة: .O. stricta، O. aurantiaca، C. tunicata، C. leptocaulis، O. dillenii و Harrisia spp.

وباستثناء الأعداء من الحشرات المرتبطة بالجنس Harrisia (مكفادين، 1979) في أمريكا الجنوبية، لم يتم بعد إجراء مسح كامل للحشرات ملتهمة للصبّارالمرتبطة بالعائلة الفرعية للصبّاريات، على عكس تلك المرتبطة بجنس Opuntioideae (مان، 1969). وهناك فرص جيدة للعثور على أعداء طبيعية فعالة مخصصة للعائل، إذا ما أصبحت المكافحة البيولوجية ضرورية.

3

4

5

6

7

8

9

10

11

الشكل رقم (3)
اجتياح Opuntia ficus-indica في جنوب أفريقيا: الأصل المكسيك

الشكل رقم (4)
اجتياحات الصبّار القاسي في أستراليا: من أصل مكسيكي

الشكل رقم (5)
اجتياح الصبّار القاسي قبل المكافحة البيولوجية في جنوب أفريقيا: من أصل أمريكي

الشكل رقم (6)
الصبّار بعد المكافحة البيولوجية في جنوب أفريقيا.

الشكل رقم (7)
اجتياحات Opuntia stricta في إثيوبيا

الشكل رقم (8)
اجتياحات Opuntia aurantiaca في جنوب أفريقيا وأستراليا: الأصل الأرجنتين

الشكل رقم (9)
المكافحة البيولوجية الممتازة لـ Opuntia stricta في جنوب أفريقيا، كينيا، المملكة العربية السعودية وأستراليا باستخدام النمط الحيوي cochineal, Dactylopius opuntiae stricta المحدد بالعائل.

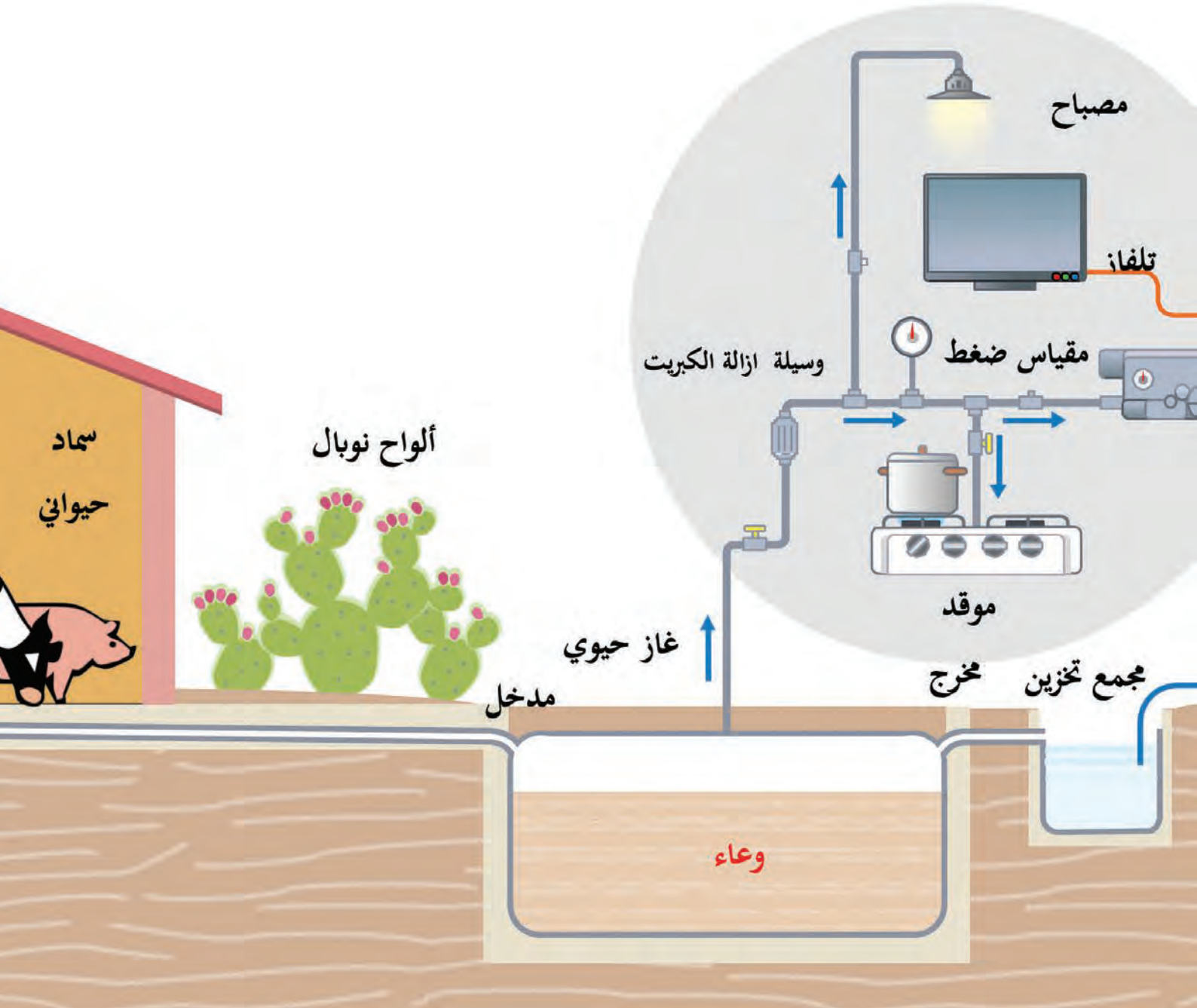
الشكل رقم (10)
اجتياح Opuntia stricta في حديقة تسافو الوطنية، كينيا، قبل المكافحة البيولوجية، 2012) (الصورة إيه ويت)

الشكل رقم (11)
نفس المكان بعد نجاح المكافحة البيولوجية باستخدام النمط الحيوي Dactylopius opuntiae المحدد بالعائل (2015) (الصورة إيه ويت)

16

إنتاج الغاز الحيوي

Maria Teresa Varnero و Ian Homer
قسم الهندسة والتربة، كلية العلوم الزراعية، جامعة تشيلي



16 إنتاج الغاز الحيوي

المقدمة

تحتل الطاقة المتجدّدة غير التقليدية مكانة بارزة بصورة متزايدة، ما يوفر مصدراً لا ينضب للطاقة ويتوافق مع شروط الاستدامة البشرية والبيئية. وتشمل الأشكال المختلفة للطاقة المتجدّدة غير التقليدية طاقة الرّياح، والطّاقة الشّمسيّة، والطّاقة الكهرمائيّة الصغيرة، وطاقة المدّ والجزر، والطّاقة الحراريّة الأرضيّة، والكتلة الحيوية. وتستخدم الكتلة الحيوية العمليات البيولوجية، والكيميائية والفيزيائية لتوليد أنواع الوقود الحيوي السائل أو الغازي، مثل الديزل الحيوي، والإيثانول الحيوي والغاز الحيوي.

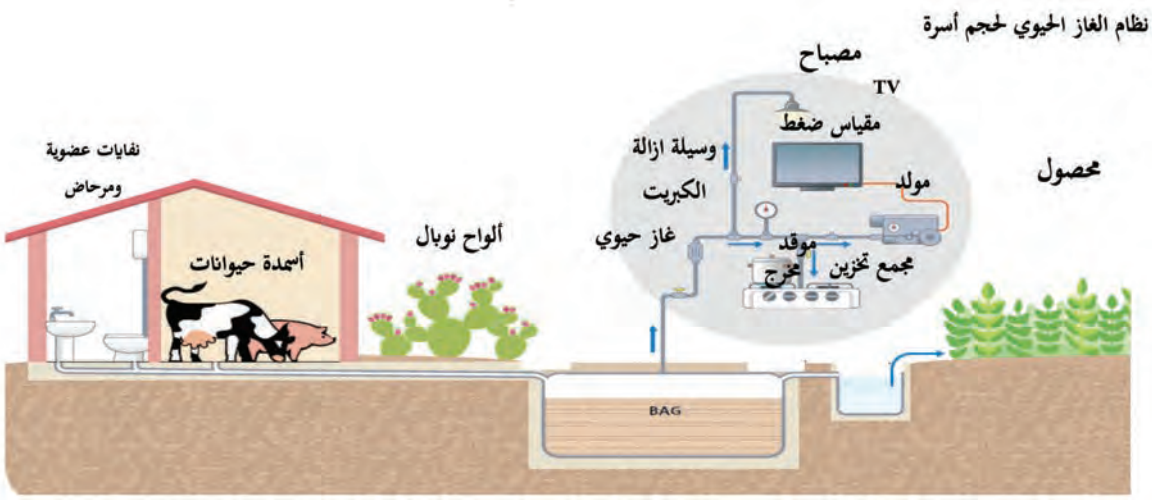
الغاز الحيوي وسيلة موثوقة من وسائل استدامة الطاقة في المناطق الزراعية والريفية، ويتم الحصول عليه من معالجة المخلفات العضوية من خلال الهضم اللاهوائي. تُنتج هذه العملية - بالإضافة إلى الغاز الحيوي (الذي يتألف أساساً من الميثان وثاني أكسيد الكربون، والغازات النزرة الأخرى) - مخلفات عضوية مستقرة، وناتج هضم (معروف أيضا باسم مخصّب بيولوجي أو حيوي) ، يمكن استخدامه كمُحسّن تربة أو مخصّب حيوي (فارنيرو، 1991، 2001).

ويتعلق معدل التحلل الحيوي للفضلات العضوية بالنشاط الجرثومي في النظام اللاهوائي. ويعتمد هذا النشاط على نوع المادة الخام، وعلى الرقم الهيدروجيني للمادة الوسيطة، وعلى المستوى الإجمالي للمواد الصلبة، وعلى درجة حرارة العملية والمتغيرات الأخرى التي تحدد فترة الهضم لإنتاج الغاز الحيوي والمخصّب الحيوي.

استخدام نفايات الصبّار في إنتاج الغاز الحيوي

تنخفض المخلفات العضوية المتاحة في المناطق ذات المناخ الجاف –ما يشكل أحد العوائق الواضحة أمام إنتاج الغاز الحيوي. ويمكن التغلب على هذا العائق بواسطة تطوير محاصيل توليد الطاقة التي تتكيف بشكل جيد مع المناطق القاحلة. وفي هذا الصدد، يوصى بالصبّار –ومن بينها، صبّار Opuntia ficus-indica (L.) Mill. – الذي يتميز بأيض حمض لكراسيلاسين، كمصدر بديل للطاقة حيث يمتاز بإمكانيات عالية لإنتاج الكتلة الحيوية(جارسيا دو كورتازار ونوبيل،1992؛جارسيا دو كورتازار وفارنيرو،1995).وبالتالي يمكن للمزارعين خفض قيمة فواتير الكهرباء والغاز (الغاز المسال) من خلال إنتاج الطاقة التي يستهلكونها، وفي الوقت ذاته تحسين جودة وظروف التربة عبر نشر نواتج الهضم كمخصبات حيوية في الحقول.

وفي كلية العلوم الزراعية لجامعة تشيلي، تشير التجارب التي أجريت على صبّار Opuntia ficus-indica (أوريبوآخرون،1992؛ فارنيرو وآخرون،1992؛فارنيرو ولوبيز،1996؛ فارنيرو وجارسيا دو كورتازار، 1998) إلى أن الألواح ليست مادة جيدة لتوليد الميثان (CH4).تعد جودة المادة الأولية في الهواضم، ولاسيما عند تحميلها على دفعات (هيلبيرت، 2009)، أمراً حيوياً بالنسبة إلى العملية ،لذا من الضروري أن تتضمن مادة محددة مشتقة من هاضم آخر وغنية بالبكتيريا المولدة للميثان أو أن تتضمن نسبة مئوية من السماد الحيواني. وتعمل هذه التعديلات على تقريب موعد بدء المرحلة المولدة للميثان (CH4) في الهاضم، وتزيد من إنتاج الغاز الحيوي. علاوة على ذلك، الرقم الهيدروجيني للب منخفض للغاية، ويكون لهذا الأمر أيضاً تأثير على إنتاج الغاز الحيوي؛ ولهذا السبب يُفضل خلطه مع المواد الخام الأخرى، التي تكون في الغالب عبارة عن سماد حيواني.



الشكل رقم (1)

نظام الغاز الحيوي لحجم أسرة

أظهرت كفاءة عملية تخمير المخاليط التي تحتوي على نسب مختلفة من الألواح والسماد الحيواني أن الحفاظ على الرقم الهيدروجيني للخليط قريباً من الرقم الهيدروجيني 6 يمثل أهمية بالغة من أجل الحصول على غاز حيوي بمحتوى ميثان (CH_4) يفوق 60 في المائة. يرتبط تركيب الغاز الحيوي الناتج بواسطة عملية التخمير المولدة للميثان ارتباطاً وثيقاً بالرقم الهيدروجيني للمواد الخام التي تم هضمها حيوياً. عند رقم هيدروجيني أقل من 5.5 يكون الغاز الحيوي في الغالب عبارة عن ثاني أكسيد الكربون، مع قابلية احتراق منخفضة ومحتوى طاقة منخفض؛ وفي المقابل، مع رقم هيدروجيني محايد أو قاعدي، يكون الغاز الحيوي غنياً بالميثان (CH_4). لذلك من المهم زيادة نسبة السماد الحيواني في الخليط واستخدام ألواح يتجاوز عمرها السنة الواحدة. وليس لحجم جسيمات المادة المقَطّعة تأثير كبير على كفاءة عملية التخمير (فارنيرو ولوبيز، 1996؛ فارنيرو وجارسيا دو كورتازار 1998).

أثناء الهضم اللاهوائي للسماد الحيواني، تعزز إضافة ألواح الصبّار عملية التخمير المولدة للميثان، شريطة أن يظل الرقم الهيدروجيني لمخاليط هذه المواد الخام ضمن نطاق حمضي ضئيل أو محايد. علاوة على ذلك، تساعد إضافة نسبة مئوية مناسبة من الألواح إلى السماد الحيواني في بدء عملية التخمير مبكراً (أوريب وآخرون، 1992؛ فارنيرو وآخرون،1992): حيث تعزز طاقة ومحتوى الكربون في الألواح من تطور البكتيريا المولدة للحمض، التي تولد الركيزة التي تحتاجها بكتيريا الميثان (CH_4)، ومن ثم تسّرع من العملية المولدة للميثان، وتخفض الزمن المطلوب لهذا النشاط (فارنيرو وجارسيا دو كورتازار 2013).

حقول صبّار OPUNTIA SPP. لإنتاج الغاز الحيوي

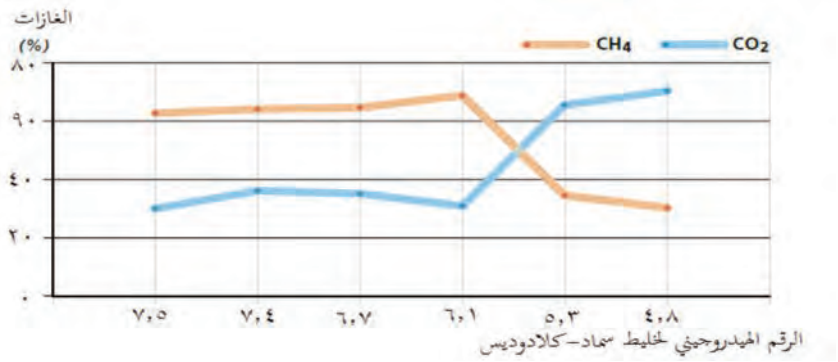
يمكن أن ينمو الصبّار بنجاح في مناطق متنوعة المناخ والتربة؛ لذلك يمكن إنشاء الحقول النظامية لتحسين إنتاج الكتلة الحيوية. ولا تزال تتطلب تقييما من الناحية الاقتصادية.

أظهرت الدراسات أن الهكتار الواحد من الصبّار الذي يزيد عمره عن خمس سنوات يمكنه أن يُنتج ما يصل إلى 100 طن من الألواح الجديدة في السنة في المناطق التي تسقط عليها أمطار بكمية ضئيلة (تساوي أو تقل عن 300 ميليمتر) (جارسيا دو كورتازار ونوبيل،1992). وفي بعض الأجزاء شبه القاحلة من المكسيك، يتم تجميع الألواح بصورة تقليدية من نباتات الصبّار البري كمصدر للعلف؛ حيث يعزز التقليم المنتظم المحصول ويحسن جودة ثمار أو فروع الصبّار.

يمكن أن تُنتج عملية التقليم تقريباً عشرة أطنان من المواد الجافة بالهكتار في السنة، ويمكن استخدام ناتج عمليات التقليم للغاز الحيوي، أو السماد الطبيعي أو علف للحيوانات (جارسيا دو كورتازار وفارنيرو،1995). ويمكن لعملية التقليم أيضا توفير المادة الخام المضاف إليها السماد الحيواني لتغذية الهواضم. كذلك يمكن قطع الألواح الناضجة (التي تبلغ من العمر سنة واحدة)، وفرمها وإضافتها مباشرة إلى الهواضم. ومن المهم استخدامها بمجرد أن يتم قطعها، وذلك لخفض التحلل الحيوي وتحسين كفاءة إنتاج الغاز الحيوي والمخصّب الحيوي. وفي حال لم تكن قدرة الهواضم كافية للاستخدام الفوري، يمكن تخزين الألواح في مكان مظلل، وبارد، وجاف لعدة أيام (فارنيرو وجارسيا دو كورتازار 2013).

وكلما زاد عمر الحقل، تباطأ نمو الألواح، حيث ينخفض صافي معدل البناء الضوئي نتيجة لتأثير تظليل الألواح العلوية (أسيفيدو ودوسولين،1984). ورغم استمرار النمو طوال العام فإن محتوى المادة الجافة لا يتأثر. وفي تشيلي، يُقدّر أقصى ناتج تجاري من الثمار الجديدة بمقدار 16 طنا للهكتار للنباتات التي تتراوح أعمارها بين 16- 20 سنة في ظل إدارة جيدة. ويبدأ هذا الناتج في الانخفاض عندما تتراوح أعمارها بين 21 و35 عاما، ليصل إلى ثمانية أطنان للهكتار (أسيفيدو ودوسولين،1984؛ بيميينتا باريوس،1990). وأثناء موسم القطف من شهر كانون الثاني/يناير إلى نيسان/إبريل، يبلغ الناتج بين خمسة وستة عشر طنا للهكتار، أما بين شهري حزيران/يونيو وأيلول/سبتمبر، فإنه يبلغ 0.5 طن للهكتار فقط (سوزوكيو آخرون،1993).

يشير توها (1999) إلى أن ثلاثة كيلوغرام من الألواح المجففة تُنتج مترا مكعبا من الغاز الحيوي، وهو ما يوازي طاقة كهربائية بمقدار عشرة كيلوواط في الساعة. علاوة على ذلك، يشير بابيزا (1995) إلى أن القيمة الحرارية للغاز الحيوي من الصبّار تبلغ 7 058 كيلو سعرة حرارية في المتر المكعب (نطاق 6 800 – 7 200 كيلو سعرة حرارية في المتر المكعب) وتعادل إمكانية الغاز الحيوي للصبّار 0.360 متر مكعب لكل كيلوغرام من المادة الجافة.



شكل 2 تركيبة غاز حيوي يقوم بوظيفة رقم هيدروجيني لخليط سماد-ساق ورقية (فارنيرو وأريلانو، 1991)

- **سيناريو رقم 1: انخفاض الإنتاج**. مع ناتج يبلغ عشرة أطنان من المادة الجافة للهكتار في السنة، يكون احتمال إنتاج الغاز الحيوي مكافئاً لمقدار يبلغ 9.86 متر مكعب من الغاز الحيوي في اليوم (27.40 كيلوغرام من المادة الجافة في اليوم، مع احتمال مقدر 0.36 متر مكعب من الغاز الحيوي بالكيلوغرام (27.40 × 0.360 = 9.86 متر مكعب من الغاز الحيوي في اليوم).
- **سيناريو رقم 2: إنتاج مخلفات التقليم** بمقدار 18 طن للهكتار في السنة ويكون إنتاج 30 طنا في السنة مكافئاً لمقدار يبلغ 82.2 كيلوغرام في اليوم، يُولّد 17.75 مترا مكعبا من الغاز الحيوي في اليوم و49.3 كيلوغرام من المادة الجافة في اليوم.
- **سيناريو رقم 3: الإنتاج الأمثل**. يمكن أن ينتج حقل تجاري مع الري والتسميد بين 30 و 40 طنا من المادة الجافة للهكتار الواحد (جارسيا دو كورتازار ونوبيل، 1992؛ فرانك، 2006)

مثال عملي

جدول 1 متوسط استهلاك طاقة الغاز الحيوي في أسرة مكونة من خمسة أشخاص

	متوسط استهلاك الغاز الحيوي	استهلاك الغاز الحيوي من الصبّار
	القيمة الحرارية 5 000 سعرة حرارية للمتر المكعب	القيمة الحرارية 7 سعرة حرارية للمتر المكعب (75% من CH4)
المطبخ (5 ساعات)	0.30 متر مكعب في الساعة × 5 ساعات = 1.50 متر مكعب في اليوم	0.21 متر مكعب في الساعة × 5 ساعات = 1.05 متر مكعب في اليوم
3 مصابيح (3 ساعات)	0.15 متر مكعب في الساعة × 3 ساعات × 3 = 1.35 متر مكعب في اليوم	0.11 متر مكعب في الساعة × 3 ساعات × 3 = 0.99 متر مكعب في اليوم
ثلاجة صغيرة	2.20 متر مكعب في الساعة × 1 = 2.20 متر مكعب في اليوم	1.57 متر مكعب في الساعة × 1 = 1.57 متر مكعب في اليوم
المجموع	5.05 متر مكعب في اليوم	3.61 متر مكعب في اليوم

المصدر: بايزا، 1995.

جدول 2 ملخص الحسابات

	الكمية (بالوحدات)	وحدة كغ	كغ	الغاز الحيوي المحتمل (متر مكعب غاز حيوي كغ)	الغاز الحيوي (متر مكعب)
مخلفات المطبخ	5	0.56	2.8	0.092	0.26
الفضلات البشرية	5	0.13	0.65	0.092	0.06
روث البقر	1	10	10	0.04	0.40
روث الخنازير	2	2.8	5.6	0.06	0.336
				المجموع الفرعي	1.053
الالواح	0.28	27.47[أ]	7.7	0.3	2.60
		المجموع	26.64		3.62

[أ] عشرة أطنان في الساعة في السنة (364 يوم).

ويمكن استخدامه كمادة خام لإنتاج الغاز الحيوي بإمكانية تعادل 29 مترا مكعبا في اليوم (82.2 × 0.360 = 29 مترا مكعبا من الغاز الحيوي في اليوم)، أو 10 885 مترا مكعبا هكتار في السنة غاز حيوي ما يعادل 6.4 طنا من النفط (فارنيرو، 1991)

هناك فرق كبير في إنتاج الغاز الحيوي بين أفضل السيناريوهات وأسوأها نتيجة للصعوبات التي ينطوي عليها الإنتاج.

استناداً إلى نظام الغاز الحيوي المنزلي للعمليات الصغيرة الموضحة في الشكل 1، يمكن تجميع المخلفات العضوية بواسطة ربط دورة المياه بالهاضم، و/ أو بواسطة تجميع مخلفات المطبخ. علاوة على ذلك، إذا كان للأسرة حيوانات أليفة (مثلا بقرة واحدة وخنزيران)، فإنها توفر أيضا مادة عضوية (جدول 2). ويمكن أن يتيح هذا الأمر إنتاجية غاز حيوي بمقدار 1.05 مترا مكعبا، ما يعني أن هناك حاجة إلى إنتاج 2.6 مترا مكعبا من الصبّار للوصول إلى 3.61 مترا مكعبا المطلوبة. ولتحديد المساحة الأدنى المطلوبة لحقل الصبّار لتأمين المواد الخام المطلوبة لسد هذا النقص، يمكن احتساب ذلك على أساس أننا نحتاج إلى ثلاث كيلوغرام من الصبّار لإنتاج مترا مكعبا واحداً من الغاز الحيوي. لذلك، ينبغي إمداد الهاضم بمقدار 7.1 كيلوغرام في اليوم؛ ويتم الحصول على ذلك في مساحة تبلغ 0.28 هكتار، افتراضا توافر عشرة أطنان من الألواح للهكتار في السنة، وهو ما يعادل 27.47 كيلوغرام للهكتار في اليوم.

على أساس المثال أعلاه حول إنتاج الغاز الحيوي، يتم الحصول على 0.45 متر مكعب من الغاز لكل متر مكعب من الهاضم؛ لذا فإن الحجم الأدنى الهاضم يبلغ ثمانية متر مكعب .وأيضا يجب إضافة حمولة يومية تبلغ 26.24 كيلوغرام، مختلطة مع مياه كافية لتركيز مادة صلبة بنسبة سبعة في المائة:مقابل لمقدار 221 لتر (ما يساوي أيضاً لمقدار حجم الهاضم، المقسم على 35 يوماً، أي الزمن المطلوب لتحلل المادة العضوية).عند تحميل الهاضم بمقدار 221 لتر، تُنتج نفس كمية السماد الحيوي، والذي يمكن استخدامه للري، والتسميد ولإضافة المادة العضوية (5.20 غرام N لكيلوغرام من المادة الجافة و3.90 غرام P لكيلوغرام من المادة الجافة و3.60 غرام K لكيلوغرام من المادة الجافة و561 غرام Mo لكيلوغرام من المادة الجافة).

تصميم وتشغيلال هواضم الحيوية

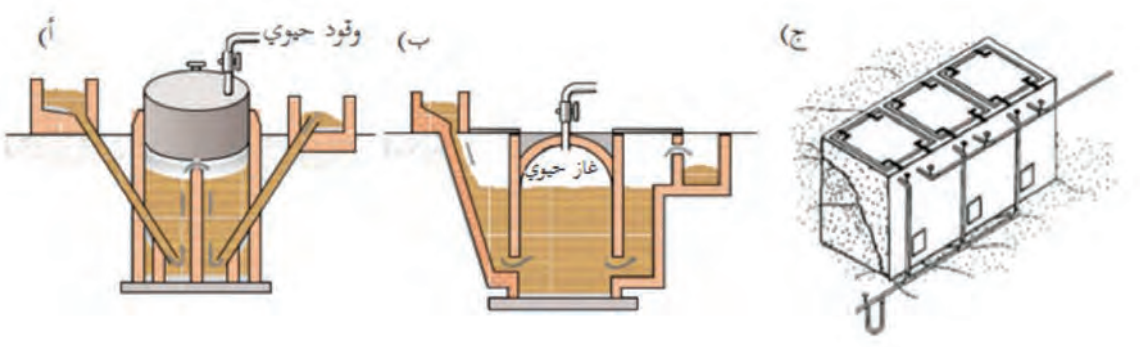
يجب أن يكون للهاضم الحيوي خصائص معينة:

- مانع لتسرب الهواء – لمنع خروج الغاز غير المرغوب فيه ومنع دخول الهواء غير المطلوب.
- معزول حرارياً – لتجنب التقلبات الكبرى في درجة الحرارة.
- مجهز بصمام أمان.
- يمكن الوصول إليه بسهولة – لتحميل وتفريغ النظام بالمادة الخام، وإزالة نفايات الهاضم وصيانة الهاضم (فارنيرو، 1991، 2001).

وتوجد معلومات مستفيضة متاحة في مختلف البلدان، بما في ذلك الهند، والصين و ألمانيا، بشأن تصميم الهواضم الحيوية (جارسيا دو كورتازار وفارنيرو، 1995). بينما يتم الحصول على معظم عمليات إنتاج واستخدام الغاز الحيوي من الهواضم الحيوية العائلية (شكل 1)، يمكن أن تكون الهواضم المجتمعية أيضا مجدية في بعض الحالات، لا سيما عندما تتوافر كميات كبيرة من المادة الخام والخبرات الفنية.

يوجد نوعان من الهواضم: هواضم مستمرة وهواضم متقطعة.

- **الهواضم المستمرة:** يكون تزويدها بالمادة متكرراً (يومياً أو أسبوعياً)، حيث تحل كل حمولة محل 5 - 15 في المائة تقريباً من الحجم الإجمالي. ويكون تركيز المواد الصلبة منخفضاً (بين ستة وثمانية في المائة من الحجم)، وبمجرد أن تبدأ عملية الهضم، يكون معدل إنتاج الغاز الحيوي ثابتاً نسبياً (ويعتمد هذا بشكل رئيسي على درجة الحرارة). تتناسب الهواضم المستمرة بشكل أفضل مع الحالات التي يوجد فيها إنتاج ثابت لمادة الهضم الحيوي، أي إذا تم تجميع الألواح طوال العام. وتكون مناسبة أيضاً للبيوت الصغيرة حيث يمكن إضافة المخلفات المنزلية كمادة خام – على سبيل المثال، تتضمن الفضلات الناتجة بواسطة حيوانات المزرعة أو من خلال الربط بين دورة المياه والهاضم (فارنيرو و جارسيا دو كورتازار، 2006؛ منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، 2011). وتتوفر ثلاثة نماذج من الهاضم المستمر:



الشكل رقم (3)

أ) هاضم هندي؛
ب) هاضم صيني
ج) هاضم دُفَعى

- نوع تايواني، مصنوع من البلاستيك (بولي إيثيلين) (شكل 4أ)؛
- نوع هندي (شكل 3أ) – يوجد مقياس غاز في الهاضم في صورة جرس عائم؛
- نوع صيني (شكل 3ب) – مغلق، مع تراكم الغاز عند القمة، على عكس الهاضم الهندي.

• **الهواضم المتقطعة:** تشتمل الهواضم المتقطعة (شكل 3ج) على مجموعة متلاصقة من الخزانات أو المستوعبات، بمخرج غاز متصل بمقياس غاز عائم، حيث يتم تخزين الغاز الحيوي. وبالنسبة للهواضم المتعددة، يتم دائما تحميل أو تفريغ أحدها بينما تنتج الهواضم الأخرى الغاز الحيوي. ويتم إجراء عملية تغذية أو تزويد الهاضم بالمادة الخام، التي بها تركيز مرتفع من المواد الصلبة (40 - 60 في المائة)، مرة واحدة فقط، حيث لا تتم إعادة التزويد أثناء عملية التخمير. ويتم تفريغ المادة العضوية المثبتة بمجرد اكتمال إنتاج الغاز الحيوي. يكون لإنتاج الغاز الحيوي فترة انتظار مبدئية، تحدث خلالها عملية التحلل المائي المتخمر، وتكوين الحمض العضوي وتكوين الميثان. بعد ذلك يحدث معظم إنتاج الغاز الحيوي، قبل أن يتباطأ وينخفض في النهاية إلى ما يقرب من الصفر، عندما تنفد المواد التي تم تحميلها على دفعات. وتعتمد المدة الإجمالية للعملية على درجة الحرارة. يتناسب النظام المتقطع مع حالات معينة، على سبيل المثال، عندما: تظهر مشكلات تتعلق بمناولة المواد الخام في الأنظمة المستمرة؛ أو في حال صعوبة هضم المواد بواسطة عملية التخمير المولدة للميثان؛ أو عند توفر المواد الخام بشكل متقطع. تتوافر المادة الخام من حصاد الألواح مرة أو مرتين في السنة (فارنيرو وجارسيا دو كورتازار 2006؛ منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، 2011).

في ظل الظروف المثلى ولنفس حجم المادة الجافة، يُنتج نوعا الهاضم نفس كمية الغاز الحيوي. لذلك، يجب أن يستند الاختيار إلى تكرار إنتاج المخلفات (في هذه الحالة، الألواح) وتوافر المياه.

وبالنسبة لصغار ومتوسطي المنتجين، يمكن استخدام نطاق واسع من المواد لإنشاء هاضم غاز حيوي. تصنع الأنواع المستمرة الأقل كلفة من أنبوب بولي إيثيلين (EPDM، PVC، HDPE) كما هو مبين في **الشكل 4أ**. ينتشر النوع المعروف باسم النوع التايواني انتشاراً واسعاً في آسيا وبعض بلدان أمريكا اللاتينية. حيث تبلغ التكلفة المادية لهذا النوع 7 دولار أمريكي م$^{-3}$. يمكن صنع النماذج الهندية أو الصينية من مواد متنوعة (**الأشكال 4ب-و**).

الجوانب الاقتصادية

تبلغ التكلفة الأولية لإنتاج الغاز الحيوي في المنازل الريفية حوالي 50 دولار أمريكي لكل هاضم حيوي (بوي شوان آن وآخرون، 1999). ويتم استرداد هذه التكلفة في غضون 9 - 18 شهراً من خلال التوفير في تكاليف الوقود. في المناطق الريفية حيث يكون الوقود الأساسي هو الخشب، يقلل استخدام الغاز الحيوي من تلف النظام البيئي (حيث يقلل التصحر والتلوث) ويؤدي إلى توفير الوقت لما يصل إلى خمس ساعات في اليوم لكل أسرة – وهو الزمن الذي يمكن أن يستخدم في إنجاز أعمال أخرى أكثر إنتاجية (روتامو، 1999). ولحساب اقتصاديات استخدام الغاز الحيوي، يُفترض أن رطلاً واحداً (0.45 كغ) يعادل 1 متر مكعب من الغاز الحيوي؛ لذلك

الشكل رقم (4)

المواد المختلفة المستخدمة لبناء الهواضم الحيوية:
أ) جلب بلاستيكية؛
ب) طوب؛
ج) خرسانة؛
د) براميل بلاستيكية معاد تدويرها؛
هـ) براميل بلاستيكية معاد تدويرها؛
و) جاهزة

الشكل رقم (5)

أ) هاضم صلب؛
ب) سماد حيوي
(هاضم حيوي أو سائل)

يمكن أن يكون حساب التفاضل والتكامل النظري بمقدار 3.61 متر مكعب في اليوم مطابقاً بمقدار 3.61 رطل (1.63 كغ) من الغاز يومياً، بقيمة تبلغ تقريبا 2.98 دولار أمريكي في اليوم ، أو 1 870 دولار أمريكيفي السنة.

ويرتفع المحتوى التسميدي في المخلفات التي تم الحصول عليها من عمليات الهضم (شكل 5ب) ؛ لذا تكون هذه المخلفات بمثابة سماد قيّم وتسمح بالتوفيرفي ثمن الأسمدة. وفقا لفارنيرو (1991)، 1 طن من مخصّب حيوي يعادل 40 كغ من اليوريا، و50 كغ من نترات البوتاسيوم و94 كغ من سوبر فوسفات ثلاثية. كما تتباين أسعار الأسمدة الدولية من 255 دولار أمريكي إلى 380 دولار أمريكي للطن (انديكسموندي، 2015). وبفرض أن متوسط سعر الكيلوغرام من السماد يبلغ 0.32 دولار أمريكي، فإن كل طن مخصّب حيوي يوفر 58.8 دولار أمريكي في تكاليف الأسمدة؛ ويضاف هذا التوفيرفي تكلفة إلى مساهمة المخصبات الحيوية الهامة من حيث الكائنات الدقيقة والمادة العضوية، فضلا عن إمكانية الحصول على المواد الصلبة عند استخدام الهاضم (شكل 5أ).

استخدامات الطاقة الحيوية الأخرى

يكون لألواح الصبّار استخدامات طاقة حيوية أخرى، مثل إنتاج الديزل الحيوي أو الإيثانول. ومع إنتاج سنوي يبلغ 40 طن للهكتار في المحاصيل التي تنمو تحديداً لاستخدام الطاقة أو عشرة أطنان للهكتار في مخلفات التقليم من مزارع الفاكهة، يمكن الحصول على الطاقة من خلال الحرق المباشر. كما يتم حصاد الألواح، وتجفيفها في الشمس وسحقها، واستخدامها بعد ذلك في الحرق المباشر أو مزيج التوليد المشترك الذي يعمل بالفحم؛ تبلغ القيمة الحرارية 850 3 – 200 4 سعرة حرارية للكيلوغرام.

التكنولوجيا الخاصة بإنتاج الإيثانول أكثر تعقيدا من تلك الخاصة بإنتاج الغاز الحيوي؛ ومن ثم فإنها تتلاءم بشكل أفضل مع الإنتاج واسع النطاق، نظراً لارتفاع تكاليف الاستثمار، وتُنتج تركيزات تتجاوز 98 في المائة من الإيثانول. عند التخمير، تكون هناك حاجة إلى خميرة محددة لزيادة إنتاج الكحول إلى أقصى حد. يبلغ تركيز الإيثانول في عملية التخمير 8 - 12 في المائة (جارسيا دو كورتازار وفارنيرو، 1995)، وهو تركيز يمكن الوصول إليه فقط بواسطة التقطيرلتحقيق تركيز الإيثانول المطلوب كوقود.

تشير التقديرات إلى أنه يمكن استخدام صمغ الصبّار النباتي لإنتاج كميات صغيرة من الإيثانول: حوالي 20 مل كغ من الصمغ النباتي. على الجانب الآخر، تم إنتاج 8.6 ليتر من 100 كغ من الألواح الجافة، و24.7 ليتر من 100 كغ من الثمار الجافة، ولذلك لا تعتبر تنافسية مقارنة بإنتاج الثمار المخمرة. ومع كثافة نباتات تبلغ 635- 5 000 للهكتار، في حال استُخدمت الألواح فقط (ريتامال وآخرون، 1987)، يمكن الحصول على متوسط يبلغ 300- 3 000 ليتر من الإيثانول من المزارع غير المروية والمزارع المروية، على التوالي.

17

معوقات واستراتيجيات التّسويق والاتّصال

Marcos Mora
قسم الاقتصاد الزراعي، كلية الزراعة
جامعة تشيلي

17 معوقات واستراتيجيات التسويق والاتصال

مقدمة

يهدف هذا الفصل إلى تحليل استراتيجيات الأعمال التجارية الزراعية التي تُطبَّق على الصبّار والمنتجات المشتقة منه، كما يهدف إلى بحث المشكلات التجارية التي تؤثر على تطوير هذه الاستراتيجيات. السجلات التي جرى استعراضها مستقاة من مصادر متنوعة، إلا أنها في الأساس من مصادر مكسيكية وإيطالية وتشيلية. ورغم ذلك يجدر التنويه إلى ندرة المعلومات عن المنتج علاوة على أنها معلومات غير حديثة وفقاً لما أشار إليه إنجليس وآخرون (2002أ). وبناءً عليه، سيكون التركيز الرئيسي في هذا الفصل على تشيلي، وستستكمل مناقشة التحليل من خلال الوثائق المتعلقة بالبلدان المنتجة الرئيسية ممثلة في المكسيك وإيطاليا.

ينتج العديد من البلدان حول العالم الصبّار حيث تتربع المكسيك على عرش البلدان المنتجة له (حيث يقترب الإنتاج حالياً من 70 ألف هكتار) وفقاً لما أوردته مؤسسة الابتكار الزراعي (2010). ومن البلدان المهمة الأخرى المنتجة إيطاليا، جنوب أفريقيا، الأرجنتين، تشيلي، بوليفيا، بيرو، كولومبيا، الولايات المتحدة الأمريكية، المغرب، الجزائر، ليبيا، تونس، مصر، الأردن، باكستان، إسرائيل، اليونان، أسبانيا، والبرتغال. غير أنه في عدد غير قليل من هذه البلدان، وخاصة في أفريقيا، يعد الصبّار منتجاً ثانوياً حيث يستخدم النبات بشكل رئيسي في حفظ التربة المتدهورة. وهناك إمكانية لتنميته من خلال نطاق واسع من التطبيقات منها:

- زراعة النبات كمكمل للأعلاف، وتتصدر البرازيل إنتاج النبات لهذا الغرض (كالهاس وآخرون، 2009)؛
- استهلاكه كخضار (ألواحه) وكثمار طازجة؛
- الاستخدامات الطبية؛
- التصنيع الغذائي (مثل دقيق الألواح، والمربيات، والعصائر)؛
- الصناعات غير الغذائية (كالطاقة الحيوية ومستحضرات التجميل)؛
- إنتاج الصبغات القرمزية.

يقوم الصبّار أيضاً بدور هام في الزراعة المعيشية في كثير من المناطق حول العالم، وسواء زرع في حقول صغيرة أو في البساتين العشوائية، فإنه يعدّ مصدراً هاماً للغذاء (كالفواكه ومشتقاتها) بالنسبة إلى فقراء الريف الذين يستخدمونه أيضاً كعلف وطعام لماشيتهم. وهذا هو الحال ليس في شمال أفريقيا والقرن الإفريقي (إريتريا وأثيوبيا) فحسب بل أيضاً في المكسيك والشرق الأدنى والأمريكتين. ورغم عدم إمكانية منح هذه الظاهرة بعداً اقتصادياً، فإن إقليم تيغراي الشمالي (أثيوبيا) يعتبر خير مثال عن أهمية الصبّار: حيث البساتين العشوائية تتكفل بإعاشة جميع السكان في الشهور أو حتى السنوات التي يندر فيها الطعام.

ولقد نما الصبّار في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في غالبية البلدان المنتجة له (إنجليس وآخرون، 1995ب، راسل وفيلكر، 1987ب). وهو محصول ثانوي في سوق الفاكهة إلا في المكسيك حيث يسهم في خلق فرص عمل وتوفير عوائد مادية في المناطق التي يقتصر فيها إنتاج المحاصيل على أنواع أخرى محدودة (تيمبانارو وآخرون، 2015ب). يتواجد المحصول في الغالب في مناطق ريفية محضة حيث يقوم على زراعته الفلاحون من أصحاب الملكيات الصغيرة والملكيات شديدة الصغر، وهذا يجعل منه محصولاً جذاباً من وجهة نظر استراتيجية وينبغي أخذه على محمل الجد عند وضع السياسات العامة للإجراءات الإنمائية.

وفضلاً عن هذا، فيما يتعلق بالمبيعات والتسويق، تباع الفاكهة الطازجة بصورة رئيسية في الأسواق المحلية التي تبيع الخضروات والفواكه الطازجة مع تسرب كميات صغيرة ومنعزلة إلى أسواق التصدير. إيطاليا التي تعد ثاني أكبر منتج في العالم هي التي تحتل موقع الصدارة في تصديره. وفي جزيرة صقلية الإيطالية تقام مهرجانات عديدة في موسم القطف (أكتوبر/تشرين الأول-نوفمبر/تشرين الثاني) في قرى مثل سان كونو، بيانكافيلا، إس مارغريتا بيليس، روكابالومبا (ساينز وآخرون، محررون، 2006).

نبذة عن الإنتاج والتسويق

تُعد المكسيك أكبر منتج للصبّار حيث تستأثر بحوالي 80 في المائة من الإنتاج العالمي الذي يقدر بحوالي نصف مليون طن. وتأتي إيطاليا في المرتبة الثانية في الإنتاج (بنسبة 12.2 في المائة)، وتأتي جنوب أفريقيا في المرتبة الثالثة (بنسبة قدرها 3.7 في المائة). هذه البلدان الثلاث تستحوذ على 96 في المائة تقريباً من الإنتاج العالمي. ويتفاوت متوسط المحاصيل تفاوتاً كبيراً: حيث يتراوح من 6.5 أطنان للهكتار (جارسيا وآخرون، 2003) في المكسيك إلى 20 طناً للهكتار في إيطاليا و25 طناً للهكتار في الولايات المتحدة الأمريكية وإسرائيل.

وفي تشيلي يزرع الصبّار بصورة تقليدية بين مناطق أريكا وباريناكوتا ومناطق بيو-بيو، رغم أنه في الآونة الأخيرة تمت زراعته أيضاً بين مناطق أتاكاما وماولي وذلك لسد الطلب على الاستهلاك المحلي بشكل رئيسي. يتركز المحصول بشكل كثيف في المنطقة الوسطى من تشيلي. وقد تقلصت المساحة المزروعة في تشيلي حتى وصلت إلى 800 هكتار، وبحسب مكتب الدراسات والسياسات الزراعية (2015أ) وفرانك (2010)، فإنّ هذه المساحة المزروعة تتركز في مناطق قريبة من المدن الكبرى مثل سانتياجو، فينا ديل مار، فالبارايسو (**الجدول 1**) وفي أتاكاما وماولي.

تستأثر صقلية بما يزيد عن 96 في المائة من إجمالي محصول الصبّار في إيطاليا حيث ينتج 300 8 هكتار حوالي 87 ألف طن سنوياً (تيمانارو وآخرون، 2015ب).

إنّ إضافة القيمة وإنتاج مشتقات للأغراض التجارية لا يكاد يذكر. ورغم ذلك، فقد أجريت بعض الأبحاث الهامة حول تطوير المنتجات الزراعية - الصناعية من الصبّار(ساينز وآخرون، محررون، 2006). على الجانب الآخر، توجد ديناميكية مختلفة تماماً في إيطاليا من خلال تزايد زراعة المحصول على مدار السنوات العشرين الماضية. غير أن التطوير محدود لأسباب مختلفة، بما فيها محدودية الإنتاج، وغياب التنسيق على مدى سلسلة القيمة وندرة الموارد لتعزيز تقنيات البحث والابتكار والزراعة (تيمبانارو وآخرون، 2015ب). يصل متوسط محصول زراعة الصبّار في تشيلي إلى حوالي عشرة أطنان هكتار، ومع ذلك يمكن زيادة المحصول إلى أكثر من الضعف عن طريق الممارسات الحديثة في الزراعة.

يُعدّ الصنف المحلي بلبّه الأصفر-الأخضر من أكثر الأنواع الإيكولوجية الشائعة للصبّار(سيزا، 2011). لكن هناك أنماط وراثية أخرى ملونة ل Opuntia ficus-indica بثمارها الأرجوانية والبرتقالية والصفراء والحمراء والبيضاء (أكينو وآخرون، 2012). تنتج هذه الأنواع الإيكولوجية فقط على المستوى التجريبي في تشيلي (ساينز وسيبولفيدا، 2001ب). يتوزع التسويق على مستويين: مستوى المنتجين ومستوى البيع بالجملة لعدد قليل من المشترين/عدد قليل من المحتكرين، وهذا بدوره يؤدي إلى تضارب المعلومات بين المنتجين والمشترين ويزيد من سيطرة المشترين على السوق، كما يعرقل من تنامي المنتجين في تشيلي، وهذا معناه في العديد من الحالات أنّ المنتجين لا يمكنهم البيع مباشرة أو إقامة علاقات تجارية مع مشترين آخرين. وتبعاً لذلك يضطر المنتجون إلى انتظار مجيء نفس المشترين في كل عام والذين يحضرون معهم عمالهم الخاصين بهم لقطف المحصول. وقبل عقد مضى حدث الأمر ذاته في إيطاليا (إنجليس وآخرون، 2002أ): حيث باع الفلاحون معظم المحصول في الحقل بمشاركة محدودة من المنتجين في سلسلة القيمة. في الوقت الحالي أصبحت جمعيات الفلاحين أكثر تعقيداً، فالفلاحون يحصلون على مداخيل مرتفعة، ولهم تأثير كبير على السوق. وأحد النماذج الأكثر فعالية على هذه الجمعيات هو Euroagrumi s.c.c.، وهو اتحاد يمارس نشاطه في صقلية ويتاجر في 500 1 طن سنوياً من محصول الصبّار بقيمة 2.5 مليون يورو.

موسم إنتاج ثمار الصبّار يبدأ من أواخر يوليو/ تموز حتى أواخر نوفمبر/ تشرين الثاني في نصف الكرة الشمالي، بالإضافة إلى إنتاج شتوي صغير في إسرائيل في الفترة من يناير/ كانون الثاني إلى مارس/ آذار، والذي يكون موجهاً في أغلبه إلى السوق المحلي. يتركز إنتاج المحصول في إيطاليا في فترة ما بين أكتوبر/ تشرين الأول ونوفمبر/ تشرين الثاني، حيث يتركز أكثر من 60 في المائة من السوق في صقلية، ويصدر 15 - 20 في المائة داخل أوروبا، ويصدر جزء صغير للغاية إلى كندا (تيمبانارو وآخرون، 2015ب). تخفق شمال أفريقيا في الوصول إلى الأسواق الأوروبية في بداية الصيف (يونيو/ حزيران-يوليو/ تموز)، وهي الفترة التي لا توجد فيها الصبّار في إيطاليا حيث تأثر درجات الحرارة المرتفعة على إدارة ما بعد القطف وعلى الصادرات. تنتج المكسيك الثمار من يونيو/ حزيران حتى أكتوبر/ تشرين الأول، وصادراتها إلى الولايات المتحدة وكندا متواضعة للغاية. وفي نصف الكرة الجنوبي، يبدأ إنتاج المحصول في الأرجنتين وجنوب أفريقيا من يناير/ كانون الثاني حتى مارس/ آذار، ويكون الإنتاج موجهاً فقط إلى الأسواق المحلية، ونادراً ما تتّبع هاتان الدولتان الممارسة الإيطالية التي يُطلق عليها سكوتسالاتورا (ويُقصد بها إزالة القطفة الأولى من الأزهار والألواح) للحصول على محصول ثان في غير موسمه. ومن ناحية أخرى، تنتج تشيلي محصولين دون مساعدة فنية، ويكون المحصول الثاني في يونيو / حزيران – سبتمبر/ أيلول. وبوجه عام، فإنّ فاكهة الصبّار تجد طريقها إلى الأسواق على نحو موسمي، غير أنه من خلال وجود تنسيق أفضل بين البلدان المنتجة والإدارة الدقيقة لما بعد القطف، يمكن توريد الفاكهة إلى الأسواق في جميع أوقات السنة تقريباً، كما هو الحال بالنسبة إلى فاكهة الكيوي.

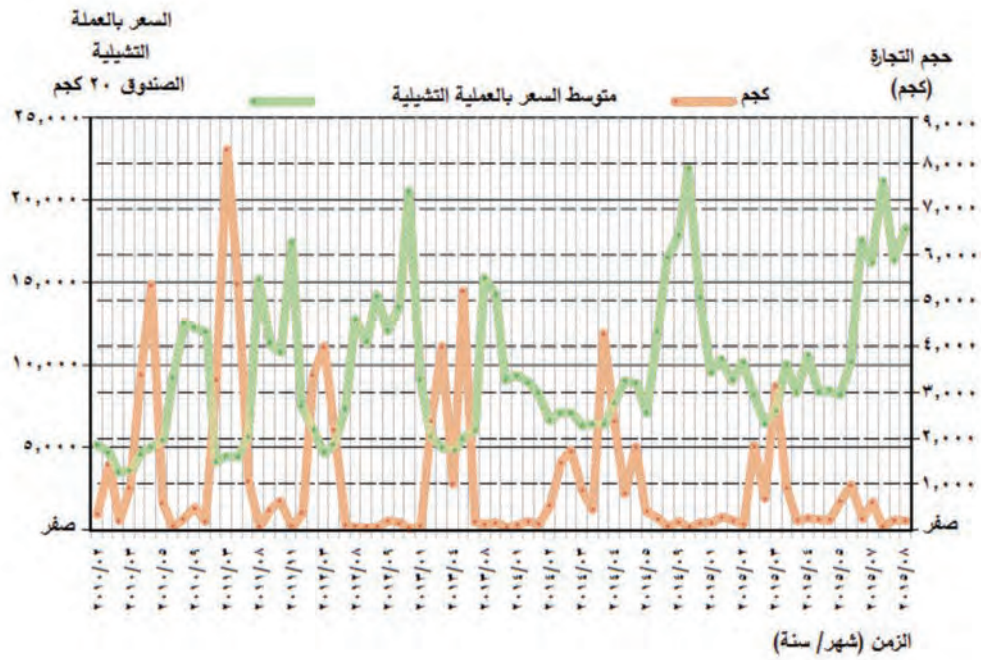
وفي تشيلي يستحوذ تجار الجملة على السوق الرئيسية للصبّار (لو فاليدور ومابوكو فاير)، والذين يبيعونه بعد ذلك إلى تجار التجزئة. وبحسب مورا وآخرين (2013)، يستأثر تجار الجملة بقرابة 60 في المائة من المبيعات. وتعد المحلات غير الرسمية الموجودة في نواصي الشوارع وعند إشارات المرور بمثابة منفذ بيع مهم آخر حيث تستأثر بقرابة 18 في المائة من الانتاج. وتأتي المتاجر الكبرى في المرتبة الأخيرة حيث لا تستحوذ سوى على إثنان في المائة فقط من الانتاج. وبشكل عام تتجه أسعار الصبّار إلى الارتفاع الطفيف، فخلال العام، ترتفع الأسعار عند وصول كميات قليلة إلى أسواق الجملة والعكس صحيح. كما أن هناك علاقة مباشرة بين حجم الثمرة وسعرها. ومن الجدير بالملاحظة أنه أثناء فصل الشتاء (يونيو/ حزيران-سبتمبر/ أيلول في نصف الكرة الجنوبي) يحدث أن تصل كمية صغيرة إلى أسعار تزيد كثيراً عن متوسط الأسعار الموسمية (الشكل 1).

الجدول 2 يبين قيمة الوحدة لكل كيلوغرام من الصبّار المصدر جواً - والتي كانت حوالي 1.9 دولار أمريكي في عام 2011. وفي حالة خصم (التسليم على ظهر السفينة) مصاريف التصدير (حوالي 0.6 دولار أمريكي لكل كيلوغرام)، فإن قيمة الوحدة ستكون حوالي 1.3 دولار أمريكي لكل كيلوغرام (على أساس معدل الصرف في سبتمبر 2015 والذي يساوي واحد دولار أمريكي 685.6 بيزو تشيلي). ورغم جاذبية هذا الرقم إلا أنه يصعب جمع كميات كبيرة من الصبّار بجودة صالحة للتصدير، حيث لا تصل إلا كميات صغيرة إلى تلك الجودة. وعلى النقيض من ذلك، لا يدفع السوق المحلي إلا ما يعادل 0.6 دولار أمريكي لكل كيلوغرام، أي تقريباً نصف سعر التصدير.

جدول 1 تشيلي: رقم المنتج ومنطقة الصبّار

المنطقة/الصنف	الرقم	الإجمالي (بالهكتار)
منطقة أتاكاما		
«Chilena»	2	5.18
الإجمالي	**2**	**5.18**
منطقة كوكويمبو		
«Blanca»	1	14.09
«Chilena»	7	69.01
لا توجد معلومات	2	2.57
«Til-Til»	1	3.91
الإجمالي	**11**	**89.58**
منطقة فالباريزو		
«Blanca»	3	1.73
«Chilena»	58	65.75
لا توجد معلومات	6	6.32
«Til-Til»	2	8.72
الإجمالي	**69**	**82.52**
منطقة ميتروبوليتانا		
«Chilena»	22	228.11
«Castilla De Nopal»	4	29.30
لا توجد معلومات	6	20.60
«Til-Til»	50	306.22
«Griffiths Undulatta»	1	2.84
الإجمالي		**587.07**
منطقة إل.بي. أوهيجينز		
«Chilena»	1	0.20
لا توجد معلومات	1	7.00
«Til-Til»	1	18.00
الإجمالي	3	**25.20**
منطقة مول		
«Chilena»	1	5.00
«Til-Til»	1	5.00
الإجمالي	**2**	**10.00**
إجمالي البلدان		**799.55**

المصدر: ODEPA-CIREN، 2015أ، ب، ج، ODEPA-CIREN، 2014، 2013.



الشكل رقم (1)

الأسعاروتجارة الصبّار (عالية الجودة) في أسواق الجملة الرئيسية، تشيلي

المصدر: ODEPA (2015 ب)

جدول 2 صادرات الصبّار الطازج من تشيلي بطريق الجو

السنة	FOB	الكمية (كغ)	USD/FOB	بلد التصديرونوع النقل
2002	53 795	23 641	2.3	كندا، الولايات المتحدة الأمريكية
2003	37 829	18 766	2.0	اليابان، الولايات المتحدة الأمريكية
2004	24 252	12 423	2.0	المملكة العربية السعودية، الولايات المتحدة الأمريكية
2005	29 497	17 152	1.7	كندا، الولايات المتحدة الأمريكية
2006	54 626	17 168	3.2	اسبانيا، الولايات المتحدة الأمريكية وغيرها
2007	75 963	20 172	3.8	اسبانيا، الولايات المتحدة الأمريكية وغيرها
2008	42 173	12 138	3.5	اسبانيا، المملكة المتحدة، الولايات المتحدة الأمريكية وغيرها
2009	28 779	11 201	2.6	اسبانيا، الولايات المتحدة الأمريكية وغيرها
2010	0	0	-	
2011	21 738	11 362	1.9	الولايات المتحدة الأمريكية
2012	0	0	-	
2013	0	0	-	
2014	0	0	-	

الجودة المحسوسة لثمار الصبّار: من الخصائص الداخليّة إلى الخصائص الخارجيّة

وفقاً لأولسون وجاكوبي (1972)، يمكن وصف خصائص الجودة بأنها: إما خصائص خارجية - أي تتعلق بالمنتج (كالسعر واللون والوسم والتعبئة)، أو خصائص داخلية - مرتبطة بالخصائص المادية للمنتج (مثل التركيبة الغذائية والنكهة). وكما يؤكد جرونرت وآخرون (1996)، فإنّ الجودة عبارة عن ظاهرة متعدّدة الأبعاد تحدّدها مجموعة من الخصائص المحسوسة بشكل شخصي من قبل المستهلكين قبل الشراء (توقع الجودة) وبعده (اختبار الجودة). ومع ذلك، فإنّ خصائص الثقة تؤثر تأثيراً كبيراً على تفضيلات المستهلك استجابة للمخاوف المتزايدة بشأن عوامل السلامة، والصحة، والملاءمة والموقع والعوامل الأخلاقية والبيئية (ميليوري وآخرون، 2012، 2015أ، برنويس وآخرون، 2003).

لقد ركز تسويق الصبّار في تشيلي والبلدان المصدرة الرئيسية له على الثمار الطازجة، حيث عمل على إبراز الخصائص الداخلية بصورة جوهرية. وشهدت تشيلي التطوير التجاري للحاويات، والعلامات المميزة، والماركات أو أسماء المنشأ، لكن لم ينجح أي منها كعوامل تجارية رسمية. وفي إيطاليا توجد علامتان نشطتان لتسمية منشأ محمية:

- « Ficodindia dell'Etna» وتشير إلى الإنتاج في منطقة بركان إيتنا، حيث النوع المستنبت المسمى «ترونزارا بيانكا» ذو اللب الأبيض هو أهم نوع مستنبت في إيطاليا بسبب لبّه المتماسك ونضجه في وقت مبكر من الصيف (يوليو/ تموز-أغسطس/ آب).
- « Ficodindia di San Cono» وتشير إلى أهم منطقة لزراعة الصبّار على الإطلاق في إيطاليا والتي تنمو فيها الأنواع المستنبتة الرئيسية الثلاثة («Gialla»، و« Rossa»، و« Bianca»).

ووفقاً لمؤسسة الابتكار الزراعي (2010)، فإنّ الإمكانيات الزراعية - الصناعية لدول مثل المكسيك وإيطاليا قد مكنتها من تطوير مجموعة متنوعة من البدائل لقطاع الأغذية الزراعية، مثل الدقيق، والتورتيلا، والمربيات، والمكملات، والحلويات، والوجبات الخفيفة، والمنتجات المجمدة والعصائر. ورغم ذلك يقتصر قطاع الأغذية الزراعية في إيطاليا على بعض المشروبات الكحولية وعلى المربيات (على نطاق ضيق للغاية)، بينما ينصب الاهتمام على المنتجات الثانوية لاستخدامها في المغذيات والأغراض الطبية حيث تشهد تجارة هذه المنتجات الثانوية توسعاً سريعاً. يشير ساينز وآخرون، محررون (2006) إلى وجود عدد كبير من المنتجات التي يمكن الحصول عليها من الأجزاء المختلفة للنبات، بل وبقدر أكبر من خلال استغلال الخصائص الإيكولوجية الملونة للثمرة. يمكن استخدام الثمرة في تحضير عدد كبير من المنتجات بما فيها المربيات والمشروبات الكحولية والخل، والصلصة، والعصائر المركزة والمنتجات المعلبة. ومن جهة أخرى يمكن استخدام الألواح المطحونة كأغذية وظيفية وعناصر إكساب لون، بينما تعمل المركبات الحيوية النشطة المغلفة الأخرى كعوامل إكساب لون (ساينز وآخرون، 2009). وعلى نحو أكثر تحديداً، تتصف عناصر وظيفية كثيرة بتأثيراتها المفيدة المحتملة على الصحة بفضل الألياف، والغروانيات المائية (الصمغ النباتي)، والأصباغ (أصباغ البيتالينات والأصباغ الكاروتينية)، والمعادن (كالسيوم، بوتاسيوم) والفيتامينات (مثل فيتامين ج)، التي توجد في الثمرة وفي الألواح (بيجا، -2004سيزا، 2011).

يركز معظم مستهلكي ثمار الصبّار الطازجة على خصائصه الداخلية لأنه لم يحدث عملياً تطور في الخصائص الخارجية. ترتبط الخصائص الداخلية بالجوانب المادية لأي منتج، كلون المنتج وحجمه وقوامه وشكله ومظهره (مورا وآخرون، 2011، سوليه وآخرون، 2002).

ترتبط العلامات الخارجية بالمنتج، غير أنها لا تمثل جزءاً من جوهره، كالماركة على سبيل المثال، والتعبئة، وختم الجودة، والسعر، والمحلات، عدد موظفي المبيعات ومعلومات الإنتاج. ذكر ميليوري وآخرون (2015أ) أن أهمية سمات المصداقية للسوق الإيطالية تتمثل في الاستدامة البيئية، والسلامة الصحية، والمنشأ الإيطالي.

خصائص القيمة وتفضيلات المستهلك

يوجد 17 نمطاً إيكولوجياً من نوع صبّار Opuntia في تشيلي، والتي يحتمل أن يكون الأسبان قد جلبوها من المكسيك، والنوع الأكثر تسويقاً بين هذه الأنواع في الوقت الحالي هو الصنف الأخضر Opuntia ficus-indica (سودزوكي وآخرين، 1993). وفي هذا السياق، ركزت دراسة قام بها فريق من الباحثين حول تفضيلات الصبّار (ماتامالا وآخرين، 2015) على الأنماط الإيكولوجية الستة للألوان المختلفة، وقيمت الخصائص الداخلية كالوزن وعدد البذور، وسماكة القشرة، واللون الداخلي والخارجي، وحلاوة الطعم. ووفقاً لموكوبوكي وآخرين (2009)، فإنّ وزن الثمرة الذي يقارب 120 غراما يعدّ بمثابة سمة إيجابية في السوق. كما أنّ سماكة القشرة والبذور لهما تأثير تجاري. يفضل التشيليون الثمار الخضراء بينما الصبّار الأصفر هو الأكثر استهلاكاً حول العالم والأحمر هو الأكثر جاذبية للمستهلكين الجدد (ميليوري وآخرون، 2015أ).

يحدّد ماتامالا وآخرون (2015) ثلاثة أنواع أولية من الأسواق: -1 قطاع الاستهلاك التقليدي العادي للصبّار ، -2 قطاع الاستهلاك العرضي المتقطع، -3 القطاع المتشكك بشأن خصائص المنتج. أما على الجانب الآخر، يحدّد إسبارزا (2015) ثلاثة أسواق استهلاكية وهي: -1 العملي (48.8 في المائة من السكان الذين شملهم الاستطلاع)؛ -2الأساسي (18.5 في المائة)؛ -3الصحي (13.5 في المائة). وبشكل عام، جاء السعر كأكثر الخصائص أهمية، تلاه مكان المنشأ، بينما جاء لون اللب كأقل الخصائص أهمية. كما يوجد كذلك نوع سوقي محتمل ينجذب نحو شراء الصبّار الذي يدخل التصنيع فيه بأدنى درجة. يذكر ميليوري وآخرون (2015أ، ب) نتائج مشابهة في السوق الإيطالية. ويشير إنجليس وآخرون (1995ب) إلى أن التحدي الذي يواجه الباحثين يتمثل في صغر حجم الثمرة وارتفاع عدد البذور، فضلاً عن ضعف الترويج والمشكلات المتعلقة بتوحيد معايير الجودة. علاوة على ذلك، هناك خصائص أخرى تتعلق بالعامل العاطفي: فالعواطف والأمزجة هي العوامل التي تشكل الدوافع التي ترتكز عليها عملية الشراء. وبالنسبة إلى الصبّار، فقد أورد كيروني وإنجراسيا (2015) ثلاث سمات شخصية للمستهلكين. تقوم السمة الأولى بتحليل الصبّار لمعرفة، ليس فقط العناصر النوعية والحسية، ولكن أيضاً العناصر التي تتعلق بالاحتياجات الجديدة المرتبطة باللذة. أما السمة الثانية فترتبط صورة الثمرة بالمنطقة، بينما تسمح السمة الثالثة بتنمية المستهلك لاحتياجاته الثانوية، ما يزيد من فرص التغلب على القيود المتعلقة بهذه الثمرة.

استراتيجيّة الإنماء التجاري المقترحة للصبّار الطازج ومنتجاته

يقدم كالياس وآخرون (2009) توجيهات نحو منتج أفضل فيما يتعلق بالخصائص، والجودة، والقيمة المضافة والسعر التنافسي.

السعر

يتوقف هذا المتغير كثيراً على القيام بالأمور على الوجه الصحيح، ومع ذلك، فيحتمل أن تكون أسعار الصبار جذابة في سلسلة قيمة تنافسية. إن زيادة التنافسية من خلال تحسين جودة الأداء (بناءً على محصول يبلغ

حوالي 12 طنا للهكتار، أي 600 صندوق - بزيادة 20 في المائة عن الإنتاج الحالي في حقل بوسط تشيلي) سيؤدي إلى متوسط سعر تقديري يعادل ستة آلاف بيزوس تشيلي (8.75 دولار) لكل صندوق (أقل عرض سعري متوقع للبيع بالجملة). وهذا سيدر دخلاً يساوي 3.6 مليون بيزوس تشيلي (5 251 دولار أمريكي) للهكتار.

تشير التجربة الإيطالية إلى أن سعر الثمرة ذات أفضل حجم (والمصنف إما أ أو أأ) قد يصل إلى 1.5 - 3.0 يورو على مستوى الحقل، بينما شهدت أسعار الثمار الأصغر حجماً تراجعاً حاداً حيث انخفضت بنسبة تتراوح من 30 إلى 40 في المائة بالنسبة إلى الثمار من الفئة (ب) بل انخفضت الأسعار إلى أقل من ذلك في الثمار من الفئة (ج). لذا فإنه لا يمكن الوصول إلى أفضل النتائج في السوق إلا من خلال الإدارة الرشيدة للمحصول، وذلك عن طريق زراعة ثمار الصبّار بحجم من الفئة (أ)، خالية تماماً من الأشواك الصغيرة والعيوب، والتي تحصد في مرحلة نضج مناسبة وتحتوي على نسبة كافية (55 - 65 في المائة) من اللب (إنجليس وآخرون، 2002أ).

المنتج

تعتمد الجودة كما يدركها المستهلكون اعتماداً رئيسياً على الخصائص الداخلية للثمرة. هناك جوانب بعينها تحتاج إلى تحسين للوصول على سبيل المثال إلى حجم موحد وقشرة رفيعة وبذور أقل. بالنسبة إلى ثمار الصبّار الطازجة في تشيلي تحظى الأنواع المستنبتة الخضراء والصفراء بالأفضلية، بينما تعدّ ثمار الصبّار الصفراء (إنجليس وآخرون، 2002أ) والحمراء (ميليوري وآخرون، 2015أ) هي الأكثر رواجاً في الأسواق الإيطالية. علاوة على ذلك، هناك تنام للحيز السوقي لثمار الصبّار التي يدخل فيها التصنيع بأدنى درجة، وبخاصة في المطاعم العامة وفي قسم المجمدات في محلات السوبرماركت. يجب إجراء بحوث لاستكشاف الإمكانات السوقية لمشتقات الصبّار الأخرى، مثل المربيات، والدقيق، والعصائر، والمركزات والمنتجات الوظيفية. وأخيراً يحتاج الأمر إلى تجديد الأنشطة الرئيسية في سلسلة القيمة للحصول على منتج بالجودة التي يفضلها المستهلك: حيث يجب تحسين تقنيات الزراعة، مع التركيز بشكل خاص على الممارسات العضوية (تيمبانارو وآخرون 2015ب، ميليوري وآخرون، 2015أ).

التّرويج والإعلان

الصبّار بوجه عام منتج معروف وتستهلكه شريحة محددة من المستهلكين. لذا يجب أن تعرض استراتيجية التواصل الخصائص الداخلية للمنتج - العناصر الوظيفية ذات التأثيرات المفيدة على الصحة مثل الألياف والأصباغ (أصباغ البيتالينات والأصباغ الكاروتينية)، والمعادن (كالسيوم، بوتاسيوم) والفيتامينات (مثل فيتامين ج)، وتعريف قطاع أوسع من الجمهور بها. كما أن إجراءات التواصل المرتبطة بالسياسات العامة ضرورية، ويوصى بها بالنسبة إلى الصبّار والمنتجات المشتقة منه.

الخلاصة

تتشابه التحديات التي يواجهها منتجو الصبّار في جميع أنحاء العالم فيما يتعلق بتحسين سلسلة القيمة. وفيما يلي ملخص للمشكلات الرئيسية:

- ضرورة وجود أنظمة للري على مستوى الإنتاج، حيث ينمو الصبّار في أماكن تتسم بندرة المياه.
- يجب تحسين جودة الثمرة، مع إيلاء اهتمام خاص للخصائص الداخلية المرتبطة بالتجانس.
- هناك حاجة لوضع استراتيجيات تسويقية، فنظراً لقلة عدد منتجي الصبّار بصفة عامة وافتقارهم إلى الموارد التي تمكنهم من الوصول إلى التقنيات الحديثة، يجب عليهم تكوين هيئات لتحسين التنظيم، والاستخدام الأمثل للموارد، والتعامل مع أوجه القصور وتضارب المعلومات الملازمة للأسواق.

- يجب إتاحة مزيد من المعلومات الحديثة، خاصة فيما يتعلق بالأسواق، والتكاليف، والأسعار والجودة. فالبلدان المصدرة الكبرى يمكنها إقامة مشروع مشترك لإنشاء قاعدة بيانات تضم معلومات موحدة كما تضم المستجدات الاقتصادية والتجارية.

- يجب الاعتراف بالدور الاجتماعي الذي يسهم فيه الصبّار في مناطق إنتاجه. وينبغي تطبيق سياسات عامة لمساعدة الهيئات على تحسين النتائج الاقتصادية والإنتاجية واستحداث ابتكارات خلال سلسلة القيمة في كل من الأنشطة الأساسية والثانوية. والهدف من ذلك هو تحسين مستوى التنافسية والرفاهية لمن يعيشون في تلك المناطق.

- هناك حاجة إلى إجراء بحوث عن السوق لمعرفة الفائدة المحتملة من المنتجات المحضرة من الصبّار والألواح، فالكثير من الخصائص المهمة يمكن أن تلقى إقبالاً كبيراً عليها في الأسواق. يجب وضع أنظمة لضمان الجودة لمعالجة المنتجات حيث تعد هذه الأنظمة بمثابة أدوات ضرورية للتجار الذين يبيعون هذه المنتجات.

- **تنمية الخصائص الداخلية** للصبّار تمثل محورا مركزيا لأية استراتيجية تسويقية:
  - تحسين أنظمة الإنتاج الحالية (الإنتاجية والجودة).
  إجراء دراسات جدوى اقتصادية وفنية لتقييم إمكانيات الإنتاج والتجارة لكل من الأسواق المحلية والدولية.
  - استكشاف مدى تقبل المستهلك للمنتجات الجديدة التي تطورها مراكز الأبحاث (خصوصا مراكز الأبحاث الزراعية الصناعية)، والوصول بها إلى مرحلة وضع النماذج الأولية ومواصلة اختبارها ومعرفة مدى صلاحيتها للسوق.
  - التعريف بالخصائص الداخلية التي تخلق القيمة والتي لا يكون المستهلك العادي على دراية بها.
  - البحث عن قنوات تجارية جديدة مثل المحلات المتخصصة، ومنشآت المطاعم العامة، والشركات الصيدلانية والإنترنت.
  مواصلة إجراء الأبحاث لتقليل عدد البذور.
  - تطوير منتجات الصبّار التي يدخل فيها التصنيع بأدنى درجة.
  - بلورة خصائص الثقة والتعريف بها من خلال توسيمها بعلامات تبين السلامة الغذائية والجودة والجوانب الغذائية والبيئية.

- **تنمية الخصائص الخارجية** (التعبئة والتوسيم) ضروري أيضاً للقيمة المضافة.

قائمة المراجع

Abdelouahed Kidiss. 2016. *Cochenille du cactus: la «handia» marocaine en péril?* (available at http://fr.le360.ma/economie/cochenille-du-cactus-la-handia-marocaine-en-per-il-81079).. الحشرة القرمزية لنبات الصبار: هل ثمرة التين الشوكي" المغربية معرضة لخطر الإنقراض؟ الهندي

Abidi, S., Ben Salem, H., Vasta, V. & Priolo, A. 2009a. Spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cladodes in the diet of lambs and kids: Digestion, growth and intramuscular fatty acid composition. *Small Ruminant Res.*, 87: 9–16.. السيقان الورقية للصبار الهندي اللاشوكي (Opuntia ficus indica f. inermis) في النظام الغذائي للحملان والأطفال: الهضم، والنمو ومركب الأحماض الدهنية داخل العضل

Abidi, S., Ben Salem, H., Martín García, A.I. & Molina Alcaide, E. 2009b. Ruminal fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) cactus cladodes and diets including cactus. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 149: 333–340. التخمر الإجتراري للسيقان الورقية للصبار الشوكي (Opuntia amyclae) واللاشوكي (Opuntia ficus indica f. inermis) والأنظمة الغذائية بما في ذلك الصبار وعلوم وتكنولوجيا العلف الحيواني

Abidi, S., Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Vasta, V. & Priolo, A. 2013. Silage composed of *Opuntia ficus-indica* f. *inermis* cladodes, olive cake and wheat bran as alternative feed for barbarine lamb. *Acta Hortic.*, 995: 297–302. السيلاج (العلف الأخضر) المكون من السيقان الورقية للصبار الهندي اللاشوكي (Opuntia ficus indica f. inermis)، والزيتون المعصور ونخالة القمح كعلف بديل للضأن البربري

Acevedo, E. & Doussoulin, E. 1984. Productividad de la tuna en el área de Til Til. *Tecnología y Agricultura*, 29(June–July): 18–22. إنتاجية صبار في منطقة تيل تيل

Acevedo, E., Badilla, I. & Nobel, P.S. 1983. Water relations, diurnal acidity changes and productivity of a cultivated cactus, *Opuntia ficus-indica*. *Plant Physiol.*, 72(3): 775–780. العلاقات المائية وتغيرات الحموضة النهارية وإنتاجية الصبار المستنبت، والصبار الهندي اللاشوكي

Aguilar Z.A. 2007. *Nopal verdura*. Memoria del 1er Congreso de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria y Forestal en el Distrito Federal, 24–25 septiembre 2007. 120 pp. تفخر الجزائر بتأسيس أول مصنع لمعالجة التين الشوكي الهندي

Aguilar, B.G. & Chàvez, F.S. 1995. Frutos partenocarpicos de nopal (Opuntia amyclae) mediante la induccìon de esterilidad masculina. In E. Pimienta Barrios, L.C. Neri, U.A. Munoz M.F.M. Huerta, eds. Memoria del VI Congreso Nacional y IV Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Guadalajara, Mexico, Universidad de Guadalajara, pp. 136–138. الثمار العذرية للصبار (Opuntia amyclae) باستخدام استحثاث خصوبة الذكور، الناشرون، إ. إن، ل. س. بيمينتا باريوس، يو. أ. نيري، مونوز، هيرتا م. ف.

Aguilar Sánchez, L., Martínez Damián, M.A., Barrientos Priego, A.F., Aguilar Gallegos, N. & Gallegos Vásquez, C. 2007. Potencial de oscurecimiento enzimático de variedades de nopalito. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 9: 165–184. احتمالات الإسمرار الإنزيمي لأصناف نبتة الصبار

Ahmad, A., Davies, J., Randall, S. & Skinner, G.R.B. 1996. Antiviral properties of extract of *Opuntia streptacantha*. *Antiviral Res.*, 30: 75–85. . خصائص مستخلص الصبار المضادة للفيروسات

Ahmed, M.S., El Tanbouly, N.D., Islam, W.T., Sleem, A.A. & El Senousy, A.S. 2005. Anti-inflammatory flavonoids from *Opuntia dillenii* (Ker-Gawl) Haw. Flowers growing in Egypt. *Phytother. Res.*, 19: 807–809. مضاد للالتهابات الفلافونويدات الناتجة عن أقات الصبار (جون بيلندن كير جاول) أزهار ثمار الزعرور البري التي تنمو في مصر

Ait Hamou, A. 2007 An overview on medicinal and cosmetic uses of cactus in Morocco. *Cactusnet Newsletter*, 11: 51–56. لمحة عامة عن الاستخدامات الطبية والتجميلية للصبار في المغرب.

Alary, V., Nefzaoui, A., Ben Jemaa, M. 2007. Promoting the adoption of natural resource management technology in arid and semi arid areas: Modelling the impact of spineless cactus in alley cropping in Central Tunisia. *Agric. Syst.*, 94: 573–585. تعزيز الاعتماد على تكنولوجيا إدارة الموارد الطبيعية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة: نمذجة تأثير الصبار عديم الأشواك في زراعة الممرات في تونس الوسطى.

Alfaro, F. 2014. *Estabilidad de betalaínas en yogur adicionado con microparticulas de pulpa o ultrafiltrado de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*)*. Santiago, Faculty of Agronomical Science, University of Chile (Masters thesis). ثبات أصباغ البيتليناس الطبيعية في اللبن الزبادي واضافة جزيئات متناهية الصغر من كتلة أنسجة لينة أو الترشيح الفائق لصبار الأورجواني.

Alimi, H., Hfaeidh, N., Mbarki, S., Bouoni, Z., Sakly, M. & Ben Rouma, K. 2012. Evaluation of *Opuntia ficus-indica* f. inermis fruit juice hepatoprotective effect upon ethanol toxicity in rats. *Gen Physiol. Biophys.*, 31: 335–342. تقييم تأثير عصير ثمار الصبار عديم الأشواك (Opuntia ficus-indica f. inermis) في مكافحة التسمم الكبدي على سمية الايثانول في الفئران.

Alkämper, J. 1984. Chancen und Risiken im Anbau und in der Nutzung von Opuntien. *Giess-ener Beitr. Entwicklungsforsch.*, 11: 9–14. الفرص والمخاطر في زراعة واستخدام الصبار.

Allegra, M., Furtmüller, P.G., Jantschko, W., Zederbauer, M., Tesoriere, L., Livrea, M.A. & Obinger, C. 2005. Mechanism of interaction of betanin and indicaxanthin with human myeloperoxidase and hypochlorous acid Biochem. *Biophys. Res. Commun.*, 332: 837–844. آلية التفاعل بين صبغ البيتانين والإنديكسانثين مع إنزيم الميلوبيروكسيديز البشري وحمض الهيبوكلوروز

Allegra, M., Ianaro, A., Tersigni, M., Panza, E., Tesoriere, L. & Livrea, M.A. 2014. Indicaxanthin from cactus pear fruit exerts anti-inflammatory effects in carrageenin-induced rat pleurisy. *J. Nutr.*, 144: 185–192. ملونات الإنديكسانثين المستخلصة من ثمار صبار التين الشوكي لها آثار مضادة للالتهابات في إلتهاب الغشاء المحيط بالرئة للفئران الناجم عن الكاراجينين

Allegra, A., Sortino, G., Miciletta, G., Riotto, M., Fasciana, T. & Inglese, P. 2015. The influence of harvest period and fruit ripeness at harvest on minimally processed cactus pears (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.) stored under passive atmosphere. *Postharvest Biol. Technol.*, 104: 57–62. تأثير فترة الحصاد ونضج الثمار عند الحصاد على صبار المعالج بصورة طفيفة (Opuntia ficus-indica L. Mill.) المخزن في محيط جوي خامل.

Alzate & Ramírez, J. 1777. Memoria en que se trata del insecto grana o cochinilla, de su naturaleza y serie de su vida, como también del método para propagarla y reducirla al estado en que forma uno de los ramos más útiles del comercio. *La Naturaleza, Soc. Mex. Hist. Nat.*, 6(1882–1884): 97–151. حشرة القرمز أو الخنفساء القرمزية، وطبيعتها وسلسلة الحياة والبقاء، فضلا عن الطريقة المتبعة في انتشارها أو تقليصها في الحالة التي تشكل فيها واحدة من فروع التجارة الأكثر فائدة

Ammar, M.I., Shltout, A.M. & Kamhaway, M.A. 2004. Cladode and fruits rots of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.) in Egypt. *Egypt. J. Phytopathol.*, 32: 119–128. تعفن الساق الورقية وثمار (Opuntia ficus-indicaL. Mill.) في مصر

Ammar, I., Ennouri, M., Khemakhem, B., Yangui, T. & Attia, H. 2012. Variation in chemical composition and biological activities of two species of Opuntia flowers at four stages of flowering. *Ind. Crops Prod.*, 37: 34–40. التباين في التركيب الكيميائي والأنشطة البيولوجية لنوعين من أزهار الصبار في أربع مراحل من الإزهار

Anderson, E.F. 2001. The cactus family. Port-land, Oregon, USA, Timber Press. 779 pp. عائلة الصبار

Andrade, C.T. 2008. *Cactos úteis na Bahia*. Pelotas, Brazil, Ed. USEB. فوائد الصبار في باهيا

Andrade, J.L., de la Barrera, E., Reyes García, C., Ricalde, M.F., Vargas Soto, G. & Cer-vera, J.C. 2007. El metabolismo ácido de las crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad. *Bol. Soc. Bot. Mex.*, 81: 37–50. عملية الايض لحمض المخلدية: التنوع، والفسيولوجية البيئية والإنتاجية.

Andrade, J.L., Cervera, J.C. & Graham, E.A. 2009. Microenvironments, water relations, and productivity of CAM plants. In E. de la Barrera & W. Smith, eds. *Perspectives in bio-physical plant ecophysiology: a tribute to Park S. Nobel*, pp. 95–120. Mexico City, UNAM. البيئات الدقيقة، والعلاقات المائية، وإنتاجية نباتات الأيض الحمضي الكراسوليسياني (المخلدات).

Anegay, K. & Boutoba, A. 2010. *Prickly pear cactus in Southern Morocco regions – from historical patrimony to technological future*. Proceedings of the VII International Congress on Cactus Pear and Cochineal, 17–22 October 2010, Agadir, Morocco. نبات الصبار في مناطق المغرب الجنوبي - من التراث التاريخي إلى المستقبل التكنولوجي.

Annecke, D.P. & Moran, V.C. 1978. Critical reviews of biological pest control in South Africa. 2. The prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (L) Miller. *J. Entomol. Soc. South. Afr.*, 41: 161–188. استعراضات نقدية بشأن مكافحة الآفات البيولوجية في جنوب أفريقيا

Anon. 2014. National Environmental Management Biodiversity Act (10/2004): Alien and Invasive Species Regulations. R. 598. Government Gazette No. 37885.. قانون التنوع البيولوجي للإدارة البيئية الوطنية (10/2004): قوانين النوعيات الغريبة والغازية، قانون رقم 598، الجريدة الرسمية رقم 37885.

Aounallah, M.K., Jebari, A. & Nefzaoui, A. 2005. Characterization of three *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller cultivars grown at Cap Bon (Tunisia) and their reblooming capacity. *Cactusnet Newsletter*, 9: 3–7. توصيف ثلاثة أصناف مستنبتة لمساحيق ثمار Opuntia ficus-indica (L) Miller، التي تنمو في الرأس الطيب (تونس) وقدرتها على إعادة الإزهار

Aquilar, A.A. 1997. Efecto del riego y fertilizacion sobre el adelanto de floacion y cosecha de nopal tunero vc. 'Reyna'en el Estado de Mexico. In Proceedings of the Seventh National and Fifth International Congress on Cactus Pear, Monterrey, Mexico, pp. 140–141. تأثير الري والتسميد على تنمية إزهار وحصاد شجرة الصبار

Aquino, P.G. 1992. Factores limitantes en el cultivo de la cochinilla (*Dactylopius* spp.) del nopal (*Opuntia* spp.) en el Altiplano Potosino. En Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Memorias del 5to Congreso Nacional y 3° Internacional, Chapingo, Mexico, pp. 75–76. العوامل المعرقلة لتربية دودة القرمز (Dactylopius spp.) بمرتفعات البوتوسينو. في معرفة الصبار (Opuntia spp.) واستغلال

Aquino, L.V., Rodríguez, J., Mendez, L.L. & Kenia, F.T. 2009. Inhibition the darkening with cactus mucilage (*Opuntia ficus-indica*) during drying of banana Roatán. *Inf. Tecnol.*, 20(4): 15–20. تثبيط إسمرار السائل الصمغي لصبار أثناء تجفيف الموز (Opuntia ficus-indica) الهندي

Aquino, E., Chavarría, Y., Chávez, J., Guzmán, R., Silva, E. & Verdalet, I. 2012. Caracter-ización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia* spp.) color rojo-violeta y estab-ilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. *Invest. Cienc.*, 55: 3–10. توصيف الفيزياء الكيميائية لسبعة أصناف من الصبار (Opuntia spp.) ذو اللون البنفسجي الأحمر وثبات صباغ إثنين من الأصناف التي تتركز فيها بدرجة أكبر

Araújo, L.F., Medeiros, A.N., Neto, A.P., Oliveira, L.S.C. & Silva, F.L.H. 2005. Protein enrichment of cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) using Saccharomyces cerevisiae in solid-state fermentation. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 48: 161–168. إثراء بروتين صبار (Opuntia ficus indica Mill) باستخدام خميرة فطر السكر في تخمر الحالة الصلبة.

Arba, M. 2009a. *Le cactus opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc* (available at http://agrimaroc.net/agdumed2009/Arba_cactus_opuntia_espece_fruitiere_fourragere.pdf). نبات الصبار، وأنواع الفاكهة والعلف المستخدمة في الزراعة المستدامة في المغرب.

Arba, M. 2009b. Rooting of one year and second year old cladodes of cactus pear. *Acta Hortic.*, 811: 303–307. تجذر السيقان الورقية لصبار بعمر السنة الأولى والثانية

Arba, M. & Benrachid, K. 2013. Effect of irrigation on the rooting of one-year-old cladodes of cactus pear. *Acta Hortic.*, 995: 139–144. تأثير الري على تجذر السيقان الورقية لصبار بعمر السنة الأولى

Arba, M., Benismail, M.C. & Mimoun, M. 2002. The Cactus pear (*Opuntia spp.*) in Morocco: Main species and cultivar characteriza-tion. *Acta Hortic.*, 581: 103–106. صبار (Opuntia spp.) في المغرب: الأنواع الرئيسية وتوصيف الصنف المستنبت

Arba, M., Choukrallah, R., Falisse, A. & Paul, R. 2015a. Phenology of flowering and fruiting of cactus pear and effect of NP fertilizing. *Acta Hortic.*, 1067: 31–38. فينولوجيا (علم ظواهر) إزهار وإثمار الصبار وتأثير التسميد بالنيتروجين والفوسفور

Arba, M., Choukrallah, R., Sindic, M., Paul, R. & Falisse, A. 2015b. Effect of NP fertilizing on fruit yield and fruit quality of cactus pear. *Acta Hortic.*, 1067: 39–46. تأثير التسميد بالنيتروجين والفسفور على إنتاجية ثمار وجودة فاكهة الصبار

Archibald, E.E.A. 1935. The development of the ovule and seed of jointed cactus (*Opuntia aurantiaca* Lindley). *S. Afr. J. Sci.*, 36: 195–211. نمو البذيرة غير الملقحة وبذور الصبار المتمفصل

Arias Jiménez, E. 2013a. Importancia de la tuna. *Cactusnet Newsletter*, 13: 9–12. أهمية الصبار.

Arias Jiménez, E. 2013b. *Preámbulo: Importancia de la tuna* [Cactus pear importance]. Proceedings of the Second Meeting for the Integral Use of Cactus Pear and Other Cac-ti and First South American Meeting of the FAO-ICARDA CactusNet, 12–19 September 2012, Santiago del Estero, Argentina. 175 pp. وقائع الإجتماع الثّاني للاستعمال المتكامل لصبار وغيره من الصبيرات

Askar, A. & El Samahy, S.K. 1981. Chemical composition of prickly pear fruits. *Dtsch. Lebensm.–Rundsch.*, 77: 279–281. التركيب الكيميائي لثمار الصبار

Astello Garcia, M.G., Cervantes, I., Nair, V., Santos Díaz, M.d.S., Reyes Agüero, A., Guéraud, F., Negre Salvayre, A., Rossignol, M., Cisneros Zevallos, L. & Barba de la Rosa, A.P. 2015. Chemical composition and phenolic compounds profile o f c ladodes f rom *Opuntia* spp. cultivars with different domestication gradient. *J. Food Compos. Anal.*, 43: 119–130. التركيب الكيميائي ومقطع للمركبات الفينولية للسيقان الورقية من الأصناف المستنبتة من صبار (Opuntia spp.) مع التدرج المختلف للإستزراع والتدجين

Atti, N., Mahouachi, M. & Rouissi, H. 2006. The effect of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) supplementation on growth, carcass, meat quality and fatty acid composition of male goat kids. *Meat Sci.*, 73: 229–235. تأثير مكملات الصبار عديم الأشواك (Opuntia fi-cus-indica f. inermis) على النمو، الذبيحة، جودة اللحوم وتركيب الأحماض الدهنية لصغار الذكورمن الماعز

Ayadi, M.A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M. & Attia, H. 2009. Cladodes from *Opuntia ficus-indica* a s a s ource o f d ietary fi ber: Effect on dough characteristics and cake making. *Ind. Crops Prod.*, 30: 40–47. السيقان كمصدر (Opuntia ficus-indica) الورقية لصبير للألياف الغذائية: التأثير على خصائص العجين وصنع الكعك/ الكسب

Azeredo, H.M.C. 2009. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44: 2365–2376. البيتالينات: الخصائص والمصادر والاستعمالات والثبات

Azocar, P. 2001. *Opuntia* use as feed for ruminants in Chile. In C. Mondragón Jacobo & S. Pérez Gonzáles, eds. *Cactus (*Opuntia *spp.) as forage*, pp. 57–61. FAO Plant Production and Protection Paper No. 169. Rome, FAO. استخدام صبير كعلف للحيوانات المجترة في شيلي.

Baca Castillo, G.A. 1988. Deficiencias nutrimentales inducidas en nopal proveniente de cultivo in vitro. En Memórias Reuniao Nacional e International Sobre Conocimento y Aprovechamento del Nopal, Universidad Autonoma Agraria, Saltilho, pp. 155–163. نقص المغذيات الناجمة عن الصبار الناتج من التلقيح الإصطناعي للحاصيل في المختبر

Baccouche, A., Ennouri, M., Felfoul, I. & Attia, H. 2013. A physical stability study of whey–based prickly pear beverages. *Food Hydrocolloids*, 33: 234–244. دراسة التوازن الطبيعي لمشروبات الصبار القائمة على مصل اللبن

Bae, J.S. & Huh, M.W. 2006. The dyeability and antibacterial activity of wool fabric dyed with cochineal. *J. Korean Soc. Dyers and Finishers*, 18: 22–29. إمكانية صبغ وفعالية مضادات البكتيريا لنسيج الصوف المصبوغ باللون القرمزي

Baeza, F. 1995. *Aprovechamiento del desecho del cultivo de cactáceas Opuntia cacti (tunales) para producción de biogás*. Santiago, Faculty of Physical Sciences and Mathematics, University of Chile (Civil Engineering thesis). 132 pp. استخدام نفايات محاصيل المساحات المزروعة من صبار لإنتاج الغاز الحيوي

Bai, F., Wu, J., Gong, G. & Guo, L. 2015. Biomimetic "cactus spine" with hierarchical groove structure for efficient fog collection. *Adv. Sci.*, 2: 1500047. الصبار "cactus spine" المحاكي للعمليات الحيوية مع بنية إخدودية هرمية لجمع الضبابية بكفاءة

Bailey, I.W. 1961. Comparative anatomy of the leaf–bearing Cactaceae. II. Structure and distribution of sclerenchyma in the phloem of Pereskia, Pereskiopsis and Quiabentia. *J. Arnold Arbor.*, 42: 144–156. التشريح المقارن للورقة الحاملة للصباريات.هيكل وتوزيع النسيج الاسكلرنشيمي في لحاء (النسيج المسؤول عن توصيل الغذاء داخل النبات)

Barbera, G. 1984. Ricerche sull'irrigazione del ficodindia. *Frutticoltura*, 46: 49–55. ورقة بحثية عن ري الصبار

Barbera, G. 1994. *Il ruolo del ficodindia nell'agricoltura delle regioni aride e semi–aride*. Proceedings of the Academy of Sciences, Arts and Letters, Palermo, Italy. دور الصبار في الزراعة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة

Barbera, G. 1995. History, economic and agro– ecological importance. In G. Barbera, P. In-glese, & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro–ecol-ogy, cultivation and uses ofs of cactus pear*l p. 1–11. FAO Plant Production and Protec-tion Paper No. 132. Rome, FAO. التاريخ والأهمية الاقتصادية والإيكولوجية الزراعية. الناشرون، ج. إن، ب. باربيراء!. إنجليس، بيمينتا باريوس إ. البيئة الزراعية، وزراعة واستخدامات صبار التين الشوكي، ص . 1-11. ورقة إنتاج وحماية النبات لمنظمة الأغذية والزراعة رقم 132. روما، منظمة الأغذية والزراعة

Barbera, G. & Inglese, P. 1993. *La coltura del ficodindia*. Bologna, Italy, Edagricole. زراعة الصبار

Barbera, G. & Inglese, P. 2001. *Fico d india*. L 'Epos Società Editrice. 217 pp. صبير "الهندي".

Barbera, G., Carimi, F. & Inglese, P. 1988. La coltura del ficodindia e possibili indirizzi produttivi. *Frutticoltura*, 10: 37–43. زراعة الصبار ونظم الزراعة الممكنة

Barbera, G., Carimi, F. & Inglese, P. 1991. The reflowering of prickly pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, influence of removal time and cladode load on yield and fruit ripening. *Adv. Hortic. Sci.*, 5: 77–80. إعادة إزهار صبار Opuntia ficus-indica (L.) Miller ، وتأثير وقت الإقتلاع وحمل السيقان الورقية على المحصول والإنتاجية ونضج الثمار.

Barbera, G., Carimi, F. & Inglese, P. 1992a. Past and present role of the Indian–fig prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) M iller, C actaceae) in the agriculture of Sicily. *Econ. Bot.*, 46: 10–22. الدور السابق والحاضر للصبار الشوكي "الهندي" (Opuntia ficus-indica (L.) Miller, Cactaceae) في الزراعة في إقليم صقلية.

Barbera, G., Carimi, F., Inglese, P. & Panno, M. 1992b. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *J. Hortic. Sci.*, 67(3): 307–312. التغيرات الفيزيائية والمورفولوجية والكيميائية أثناء نمو ونضج الثمار في ثلاثة أصناف من (Opuntia ficus-indica (L.) Miller).

Barbera, G., Carimi, F. & Inglese P. 1993a. Effects of GA_3 and shading on return bloom of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *J. South. Afr. Soc. Hortic. Sci.*, 3: 9–10. تأثير حمض الجبريليك GA_3 والتظليل على إعادة إزهار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.)

Barbera, G., Carimi, F. & Inglese, P. 1993b. Influenza dell'epoca di impianto e del tipo di talea sulla radicazione e sullo sviluppo di barbatelle di *O. ficus-indica* Mill. *Frutticoltura*, 10: 67–71.. تأثير توقيت الزراعة ونوع التقليم/ القلامة على تجذر ونمو (o. ficus-indica Mill).

Barbera, G., Inglese, P. & La Mantia, T. 1994. Seed content and fruit characteristics in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Miller). *Sci. Hor-tic.*, 58: 161–165. محتوى البذور وخصائص الثمار في صبار (Opuntia ficus-indica Miller).

Barbera, G., Inglese, P. & Pimienta Barrios, E., eds. 1995. *Agro–ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO. الإيكولوجيا الزراعية، زراعة واستخدامات الصبار

Barcikowski, W. & Nobel, P.S. 1984. Water relations of cacti during the desiccation: distribution of water in tissues. *Bot. Gaz.*, 145: 110–115. العلاقات المائية للصبار أثناء التجفيف: توزيع المياه في الأنسجة

Ibisch, P.L., Korotkova, N., Miebach, A., Rafiqpoor, M.D., Stein, A. & Mutke, J. 2015. Biogeography and biodiversity of cacti. *Schumannia*, 7: 1–205." الجغرافيا الحيوية بيوجوغرافي" والتنوع البيولوجي للصبار

Basile, F. 1990. *Indagine economica–agraria sulla produzione del ficodindia in Italia*. Catania, Italy, Faculty of Agrarian Studies, University of Catania, Institute of Agrarian Economics and Politics. دراسة استقصائية إقتصادية زراعية عن إنتاج الصبار في إيطاليا

Basile, F. & Foti,V.T. 1997. Economic features of cactus pear production in Italy*Acta Hortic*, 438: 139–150. السمات الاقتصادية لإنتاج الصبار في إيطاليا.

Batista, A.M., Mustafa, F.A., McAllister, T., Wang, Y., Soita, H. & McKinnon, J.J. 2003a. Effects of variety on chemical composition, *in situ* nutrient disappearance and *in vitro* gas production of spineless cacti. *J. Sci. Food Agric.*, 83: 440–445. آثار التنوع على التركيب الكيميائي، في اختفاء المغذيات بموقعها وإنتاج الغاز في المختبر من الصبار عديم الأشواك.

Batista, A.M.V., Mustafa, A.F., Santos, G.R.A., De Carvalho, F.F.R., Dubeux, J.C.B., Lira, M.A. & Barbosa, S.B.P. 2003b. Chemical composition and ruminal dry matter and crude protein degradability of spineless cactus. *J. Agron. Crop Sci.*, 189: 123–126. التركيب الكيميائي والمواد الجافة المجترة وتحلل البروتين الخام للصبار عديم الأشواك.

Batista, E., Cavalcanti, I., De Brito, C.H. & De Luna, J. 2009. Velocidade de infestação e dispersão de *Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1896 em palma gigante na Paraíba. *Engenharia Ambiental – Espirito Santo do Pinhal*, 6(1): 196–205. سرعة وانتشار الإصابة داكتيلوبيوس أوبونتياي كوكريل، الهندسة البيئية

Bazzano, L.A., He, J., Ogden, L.G., Loria, C.M., Vupputuri, S., Myers, L. & Whelton, P.K. 2002. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease in US adults: the first national health and nutrition examination survey epidemiologic follow–up study. *Am. J. Clin. Nutr.*, 76: 93–99. تناول الفاكهة والخضار وخطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية لدى البالغين في الولايات المتحدة: الدراسة الأولى لمتابعة مسح الفحص الوبائي الوطني للصحة والتغذية.

Beaulieu, J.C. & Gorny, J.R. 2004. Fresh–cut fruits. In C.K. Gross, C.Y. Wang & M. Saltveit, eds. *The commercial storage of fruits, vegetables, florist and nursery stocks*. USDA Handbook No. 66. Washington, DC (available at http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/freshCutFruits.pdf)،التخزين التجاري للفاكهة والخضروات وبانعي الزهور والمشاتل.

Beccaro, G.L., Bonvegna, L., Donno , D., Mellano, M.G., Cerutti, A.K., Nieddu, G., Chessa, I. & Bounous, G. 2015. *Opuntia* spp. biodiversity conservation and utilization on the Cape Verde Islands. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 62(1): 21–33.صبار (Opuntia spp.) الحفاظ على التنوع البيولوجي والإنتفاع به في جزر الرأس الأخضر.

Becerril, A. 1997. *Porcentaje de aceite en semillas de nopal (*Opuntia ficus-indica*)*. Memorias VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Monterrey, Mexico.النسبة المئوية للزيت في بذور (Opuntia ficus-indica)

Behailu, M. & Tegegne, F., eds. 1997. Opuntia *in Ethiopia: state of knowledge in* Opuntia *research*. Proceedings of the International Workshop, 23–27 February 1997. Mekelle University, Ethiopia and Wiesbaden Polytechnic, Germany. 246 pp.الصباريات في إثيوبيا: المعارف المتوافرة في بحوث الصباريات

El Behi, A.W., Orlandi, F., Bonofiglio, T., Romano, B., Fornaciari, M., Inglese, P., Sortino, G. & Liguori, G. 2015. Pollen morphology and reproductive performances in *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. *Acta Hortic.*, 1067: 558–562.مورفولوجيا اللقاح والأداء التكاثري للصبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.

Beinart, W. 2003. *The rise of conservation in South Africa. Settlers, livestock and the environment 1770–1950*. UK, Oxford University Press.النهوض بعمليات الحفظ والتخزين في جنوب أفريقيا

Beinart, W. & Wotshela, L. 2011. *Prickly pear. The social history of a plant in the Eastern Cape*. Wits University Press.التاريخ الاجتماعي لنبات الصبارالشوكي في الرأس الشرقي.

Bekir, E.A. 2006. Cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) in Turkey: Growing regions and pomological traits of cactus pear fruits. *Acta Hortic.*, 728: 51–54.صبار (Opuntia ficus-indica Mill.) في تركيا: مناطق النمو والصفات الفطرية لثمار

Belay, T. 2015. Carmine cochineal: fortune wasted in northern Ethiopia*J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 17: 61–80.الصبغ القرمزي المستخرج من الحشرة القرمزية: ثروة مهدرة في شمال إثيوبيا

Belgacem, M. 2012. *Algeria: Valorization du fruit de figuier de Barbarie* (available at http://dza-gro.net/forums/viewtopic.php?f=97&t=2396). : تقييم/ تنمية ثمار الصبار

El Beltagy, A. 1999. Can desertification trends be reversed in west Asia and North Africa? In *New technologies to combat desertification*, pp. 65–78. Tehran, Ministry of Agriculture.هل يمكن عكس اتجاه التصحر في غرب آسيا وشمال أفريقيا؟

Bendhifi, M., Baraket, G., Zourgui, L., Souid, S. & Salhi Hannachi, A. 2013. Assessment of genetic diversity of Tunisian Barbary fig (*Opuntia ficus indica*) cultivars by RAPD markers and morphological traits. *Sci. Hortic.*, 158: 1–7.تقييم التنوع الوراثي للأصناف المستنبتة من التين البربري التونسي (Opuntia ficus indica) من خلال دلالات تضخيم عشوائي متعدد الأشكال للحمض النووي والصفات المورفولوجية

Ben Salem, H. & Abidi, S. 2009. Recent advances on the potential use of *Opuntia* spp. in livestock feeding. *Acta Hortic.*, 811: 317 – 326.التطورات الحديثة في الاستخدام المحتمل لصبار (Opuntia spp.) في تغذية الماشية

Ben Salem, H., Nefzaoui, A., Abdouli, H. & ØRskov, E.R. 1996. Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep fed straw–based diets. *Anim. Sci.*, 62: 293–299.تأثير زيادة مستوى الصبار عديم الأشواك (Opuntia ficus indica var. inermis) على الإمتصاص والهضم في الأنظمة الغذائية للأغنام القائمة على القش/ التبن.

Ben Salem, H., Nefzaoui, A. & Ben Salem, L. 2002a. Supplementation of *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage–based diets with barley or shrubs from arid areas (*Opuntia ficus indica* var. *inermis* and *Atriplex nummularia* L.) on growth and digestibility in lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 96: 15–30.مكملات الأنظمة الغذائية القائمة على أوراق الشجر ونباتات الـ أكاسيا سيانوفيلا ليندل " Acacia cyanophylla Lindl. " مع الشعير أو الشجيرات في المناطق القاحلة (Opuntia ficus indica var. inermis and Atriplex nummularia L.) على النمو والهضم لدى الحملان.

Ben Salem, H., Nefzaoui, A. & Ben Salem, L. 2002b. Supplementing spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f. *inermis*) based diets with urea–treated straw or oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.). Effects on intake, digestion and growth. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*, 138: 85–92.إضافة الأنظمة الغذائية القائمة على الصبار عديم الأشواك (Opuntia ficus indica f. inermis) مع القش المعالجة باليوريا أو الرغل الدائري (Atriplex nummularia L.). الآثار على الإمتصاص والهضم والنمو.

Ben Salem, H., Ben Salem, I., Nefzaoui, A. & Ben Said, M.S. 2003. Effect of PEG and olive cake feed blocks supply on feed intake, digestion, and health of goats given kermes oak (*Quercus coccifera* L.) foliage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 110: 45–49.تأثير البولي إثيلين جلايكول والإمداد بغذاء من كتل كسب الزيتون على إمتصاص PEG وهضم العلف، وصحة الماعز الذين يتناولون أوراق شجر نبات السنديان (البلوط) القرمزي (Quercus coccifera L.)

Ben Salem, H., Nefzaoui, A. & Ben Salem, L. 2004. Spineless cactus (*Opuntia ficus-indica f. inermis*) and oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) as alternative supplements for growing Barbarine lambs given straw–based diets. *Small Ruminant Res.*, 51: 65–73.الصبار عديم الأشواك (Opuntia ficus-indica f. inermis) والرغل الدائري (Atriplex nummularia L.) كمكملات بديلة لنمو الحملان البربرية التي تتناول الأنظمة الغذائية القائمة على القش

Benson, L. 1982. *The cacti of the United States and Canada*. Stanford, California, USA, Stanford University Press. صبار الولايات المتحدة وكندا.

Benson, L. & Walkington, D.L. 1965. The southern California prickly pears – invasion, adulteration and trial by fire. *Ann. Mo. Bot. Gard.*, 52: 262–273. - الصبار في جنوب كاليفورنيا التعدي، والغش trial by fire

Berdan, F.R. & Anwalt, P.R. 1992. *The Codex Mendoza*. Berkeley, California, USA, University of California Press.

Bergaoui, A., Boughalleb, N., Ben Jannet, H., Harzallah Shiric, F., El Mahjoub, M. & Mighri, Z. 2007. Chemical composition and antifungal activity of volatiles from three *Opuntia* species growing in Tunisia. *Pakistan J. Biol. Sci.*, 10: 2485–2489.

Berger, A. 1905. *Opuntia ficus-indica* Mill. *Monatsschr. Kakteenk.*, 15: 153–154.صبار (Opuntia ficus-indica Mill.)

Berger, A. 1912a. *Kakteen*. Stuttgart, Eugen Ulmer.كاكتين

Berger, A. 1912b. *Hortus Mortolensis*. London, West Newman & Co. هورتوس مورتولنسيس

Bernués, A., Olaizola, A. & Corcoran, K. 2003. Extrinsic attributes of red meat as indicators of quality in Europe: an application for market segmentation. *Food Qual. Prefer.*, 14(4): 265–276.الخصائص الخارجية للحوم الحمراء كمؤشرات للجودة في أوروبا: بالتطبيق على تجزئة السوق.

Berraouan, A., Abderrahim, Z., Hassane, M., Abdelkhaleq, L., Mohammed, A. & Mohamed, B. 2015. Evaluaton of protective effect of cactus pear seed oil (*Opuntia ficus-indica*) L. Mill.) against alloxan-induced diabetes in mice. *Asian Pac. J. Trop. Med.*, 530–535.تقييم التأثير الوقائي لزيت بذور صبار (Opuntia ficus-indica) L. Mill.) ضد مرض السكري الناجم عن الألوكسان في الفئران.

Berry, W.L. & Nobel, P.S. 1985. Influence of soil and mineral stresses on cacti*l. Plant Nutr*, 8: 679–696.تأثير التربة والضغوط المعدنية على الصبار.

Bertaccini, A., Calari, A. & Felker, P. 2007. Developing a method for phytoplasma identification in cactus pear samples from California. *Bull. Insectol.*, 60: 257–258.تطوير طريقة لتحديد الفيتوبلازما في عينات صبار في ولاية كاليفورنيا

Billett, R. 1987. Prickly profit makers. *Farmers Weekly*, Mar.: 31–33.صانعو الربح الشوكي " بريكلي بروفيت ماكيرز"

Black, C.C. & Osmond, C.B. 2003. Crassulacean acid metabolism photosynthesis: working the night shift. *Photosynth Res.*, 76: 329–341.لتمثيل الضوئي لأيض حامض المخلدات أو أيض الحمض العصاري: العمل في المناوبة الليلية.

Blanco Macías, F., Lara Herrera, A., Valdez Cepeda, R.D., Cortés Bañuelos, J.O., Luna Flores, M. & Salas Luevano, M.A. 2006. Interacciones nutrimentales y normas de la técnica de nutrimento compuesto en nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.*, 12(2): 165–175.التفاعلات الغذائية والمعايير الفنية في المغذيات المركبة في صبار (Opuntia ficus-indica L. Miller)

Blanco Macías, F., Magallanes Quintanar, R., Valdez Cepeda1, R.D., Vázquez Alvarado, R., Olivares Sáenz, E., Gutiérrez Ornelas, E., Vidales Contreras, J.A. & Murillo Amador, B. 2010. Nutritional reference values for *Opuntia ficus-indica* determined by means of the boundary-line approach. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 173: 927–934.القيم المرجعية الغذائية لصبار (Opuntia ficus-indica) المحددة من خلال وسائل نهج الخط الحدودي

BOE (Boletìn Oficial del Estado). 2001. *Normas de higiene para la elaboración, distributión y comercio de comidaspreparadas*. Real Decreto 3484/2000, pp. 1435–1441. Madrid.معايير النظافة لإعداد وتوزيع وتجارة الوجبات الجاهزة.

Boke, N.H. 1944. Histogenesis of the leaf and areole in *Opuntia cylindrica*. *Am. J. Bot.*, 31: 299–316.التخلق النسيجي للورقة والهالة في الصباريات إسطوانية الشكل.

Boke, N.H. 1980. Developmental morphology and anatomy in Cactaceae. *BioScience*, 30: 605–610.المورفولوجيا التنموية وعلم التشريح في الصباريات.

Borland, A.M. & Dodd, A.N. 2002. Carbohydrate partitioning in CAM plants: reconciling potential conflicts of interest. *Funct. Plant Biol.*, 29: 707–716.

فصل الكربوهيدرات في نباتات الأيض الحمضي الكراسوليسياني CAM: التوفيق بين التضارب المحتمل للفوائد.

Borrego Escalante, F., Murillo Soto, M.M. & Parga Torres, V.M. 1990. *Potencial de producción en el norte de México de variedades de nopal (*Opuntia *spp)*. Proceedings of the First Annual Texas Prickly Pear Council, 21 July 1990, Caesar Kleberg Wildlife Research Institute, Kingsville, Texas, USA. 95 pp.إمكانات إنتاج أصناف صبار (Opuntia spp) في شمال المكسيك

Boujghagh, M. & Bouharroud, R. 2015. Influence of the timing of fl owers and young cladodes removal on reflowering and harvest periods, yields and fruit quality of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*). *Acta Hortic.*, 1067: 79–82.تأثير توقيت نزع الأزهار و السيقان الورقية الحديثة على إعادة الإزهار وفترات الحصاد، وإنتاجية ونوعية ثمار صبار (Opuntia ficus-indica).

Boyle, T.H. & Anderson, E.F. 2002. Biodiversity and Conservation. In P. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses*, pp. 125–141. Berkeley, CA, USA, University of California Press.:الصباريات مجلة علم الأحياء والاستخدامات

Brahmi, D., Bouaziz, C., Ayed, Y., Ben Mansour, H., Zourgui, L. & Bacha, H. 2011. Chemopreventive effect of cactus *Opuntia ficus-indica* on oxidative stress and genotoxicity of aflatoxin B1. *Nutr. Metab.*, 8: 73–89.تأثير الوقاية الكيميائية لصبار (Opuntia ficus-indica) على الإجهاد التأكسدي والسمية الجينية للتكسينات الفطرية أفلاتوكسين B1.

Brailovsky, H., Barrera, E., Mayorga, C. & Ortega Leon, G. 1994. Estadios ninfales de los coreidos del Valle de Tehuacan, Puebla (Hemiptera: Heteroptera) I. Chelinidea staffilesi, C. tabulata y Narnia femorata. *An. Inst. Biol., Univ. Nac. Auton. Mex., Ser. Zool.*, 65(2): 241–264.، دورة حياة الحوريات في ممرات وادي تهواكان متباينات الأجنحة : Hemiptera بويبلا (نصفيات الأجنحة Heteroptera) I. C.، نصفيات الأجنحة: بق القرعيات

Bravo Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de Méxio*. Vol.1 Mexico City, 2000. Analyzing quality and qualitNational Autonomous

Bravo Hollis, H. & Sánchez Mejorada, H. 1991. *Las cactáceas de México*. Vol. 3. Mexico D.F., National Autonomous University of Mexico.، صبار المكسيك (لاس كاكتاساس دي ميكسيكو)

Bravo Hollis, H. & Scheinvar, L. 1995. *El interesante mundo de las cactáceas*. Mexico, National Council of Science and Technology.عالم الصبار المثير للإهتمام

Breedt, H.J. 1996. *Principles of sub-tropical crop, cultivar and rootstock recommendations. Short course in sub-tropical fruit production*. Nelspruit, Mpumalanga, South Africa, ARC Institute for Tropical and Sub-tropical Crops. 19 pp. توصيات المبادئ المتعلقة بالمحاصيل شبه الاستوائية، والصنف المستنبت، والطعوم الجذرية. دورة قصيرة في إنتاج الفاكهة شبه الاستوائية.

Brickell, C.D., Alexander, C., David, J.C., Hetterscheid, W.L.A., Leslie, A.C., Malecot, V., Jin, X. & Cubey, J.J., eds. 2009. International code of nomenclature for cultivated plants. Ed. 8. *Scr. Hortic.* 10: 1–184. القانون الدولي لتسميات النباتات المزروعة.

Britton, N.L. & Rose, N. 1919. *The Cactaceae*. Vol. 1. Washington, DC, Smithsonian Institution. الصباريات

Brutsch, M.O. 1979. The prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) as a potential fruit crop for the drier regions of the Ciskei. *Crop Prod.*, 8: 131–137.. صبار (Opuntia ficus-indica) كمحصول فاكهة محتمل للمناطق الأكثر جفافا من سيسكي.

Brutsch, M.O. 1992. Crop manipulation in spineless prickly pear *Opuntia ficus-indica* in South Africa. In Proceedings of the Second International Conference on Prickly Pear and Cochineal, 22–25 September, Santiago, pp. 40–47. معالجة المحاصيل في صبار عديم الأشواك (Opuntia ficus-indica) في جنوب أفريقيا

Brutsch, M.O. 1997a. An overview of the South African cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) industry. Paper presented at the Workshop on *Opuntia* in Ethiopia. University of Mekelle, Tigray, Ethiopia, 23–27 February 1997. لمحة عامة عن صناعة/ انتاج صبار (Opuntia ficus-indica) في جنوب أفريقيا.

Brutsch, M.O. 1997b. Climatic data of selected cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) growing areas in South Africa. *Acta Hortic.*, 438: 13–20. بيانات مناخية عن مناطق نمو صبار (Opuntia ficus-indica) المنتقاة في جنوب أفريقيا.

Brutsch, M.O. & Scott, M.B. 1991. Extending the fruiting season of spineless prickly pear (*Opuntia ficus-indica*). *J. South. Afr. Soc. Hortic. Sci.*, 1(2): 73–76. تمديد وإطالة موسم إثمار عديم الأشواك (Opuntia ficus-indica).

Brutsch, M.O & Zimmermann, H.G. 1993. The prickly pear (*Opuntia ficus-indica*, Cactaceae) in South Africa: Utilization of the naturalized weed, and of the cultivated plants. *Econ. Bot.*, 47(2): 154–156. صبار (Opuntia ficus-indica, Cactaceae) في جنوب أفريقيا: استخدام الأعشاب الضارة المتجنسة، ومن النباتات المزروعة.

Brutsch, M.O. & Zimmermann, H.G. 1995. Control and utilization of wild opuntias. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 155–166. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAOالإيكولوجيا (البيئة) الزراعية، زراعة واستخدامات الصبار .إدارة والاستفادة من الصبار البري

Bui Xuan An, Preston, T.R. & Dolberg, F. 1997. The introduction of low-cost polyethylene tuve biodigesters on small scale farms in Vietnam. *Livest. Res. Rural Dev.*, 9(2) (available at http://www.lrrd.org/lrrd9/2/an92.htm). Accessed 7 November 2015.استحداث إنبوب البولي ايثيلين للهضم الحيوي في المزارع صغيرة النطاق في فيتنام.

Bunch, R. 1996. Cactus pear products at D'Arrigo Bros. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 1: 100–102. منتجات الصبار في دي أريجو برازرز

Butera, D., Tesoriere, L., Di Gaudio, F., Bongiorno, A., Allegra, M., Pintaudi, A.M., Kohen, R. & Livrea, M.A. 2002. Antioxidant activities of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: betanin and indica-xanthin. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 6895–6901.. الأنشطة المضادة للأكسدة لمستخلصات ثمار صبار (Opuntia ficus- indica) في صقلية والحد من خصائص بيتاليانات ،الخاصة بها: البيتانين (أحمر البنجر)، وإنديكا-زانثين

Buxbaum, F. 1950. *Morphology of cacti*. Pasadena, CA, USA, Abbey Garden Press.مورفولوجيا الصبار. باسادينا

Buxbaum, F. 1955. The phylogenetic division of the subfamily cereoideae, cactaceae. *Madrono*, 14(6): 177–206.، الإنقسام ذو العلاقة بالتطور النوعي لفصيلة سيريويدي، الصباريات "كاكتاسياي".

Bwititi, P., Musabayane, C.T. & Nhachi, C.F.B. 2000. Effects of *Opuntia megacantha* on blood glucose and kidney function in streptozotocin diabetic rats. *J. Ethnopharmacol.*, 69: 247–252.تأثيرات صباريات " أوبونتيا" ميغاكانثا على الجلوكوز في الدم ووظائف الكلى في الفئران المصابة بداء السكري المستحث بالستربتوزوتوسين.

Cacciola, S.O. & Magnano di San Lio, G. 1988. Foot rot of prickly pear cactus caused by *Phytophthora nicotianae*. *Plant Dis.*, 72: 793–796.عفن قدم الصبار الناجم عن تبغ فطر العفن المدمر (Phytophthora nicotianae)

Cai, W., Gu, X. & Tang, J. 2008. Extraction, purification, and characterization of the polysaccharides from *Opuntia milpa alta*. *Carbohydr. Polym.*, 71(3): 403–410.استخراج وتنقية وتوصيف " عديدات الساكاريد من صبار ميليا ألتا Opuntia milpa alta".

Calderón Paniagua, N., Luna, E., Adolfo, A. & Martínez Hernández, J. de J. 1997. Efecto de la salinidad en el crescimento y absorcion nutrimental de plantas micropropagadas de nopal (*Opuntia* spp.). En Memorias Congresso Nacional e International Sobre Conocimento y Aprovechamento del Nopal, Facultad de Agronomia, Universidad Autonoma de Neuvo León, Monterrey, Mexico, pp. 165–166.تأثير الملوحة على النمو والامتصاص التغذوي لنباتات صباريات الميكروية المعزولة (Opuntia spp.)

Callejas, N., Mathus, J. Garcia, A. Martinez, M. & Salas, J. 2009. Situación actual y perspectiva de mercado para la tuna, el nopalito y derivados en el Estado de México. *Agrociencia*, 43: 73–82.الوضع الحالي والتوقعات المتعلقة بالسوق في مجال الصباريات ونوباليتو ومشتقاته في ولاية المكسيك

Callen, E.O. 1965. Food habits of some pre-Columbian Mexican Indians. *Econ. Bot*, 19: 335–343. العادات الغذائية لبعض الهنود المكسيكيين في فترة ما قبل كولومبوس.

Cañamares, M.V., Garcia Ramos, J.V., Domingo, C. & Sanchez Cortes, S. 2006. Surface-enhanced Raman scattering study of the anthraquinone red pigment carminic acid. *Vib. Spectrosc.*, 40: 161–167.دراسة سطح تعزيز رامان الطيفي المتعلقة بالصبغة الحمراء أنثراكينون لحمض الكارمينيك.

Budinsky, A., Wolfram, R., Oguogho, A., Elthimiou, Y., Stamatopoulos, Y. & Sinzinger, H. 2001. Regular ingestion of *Opuntia robusta* lowers oxidation injury. *PLEFA*, 55: 45–50. التناول المنتظم لروبوستا يقلل من الإصابة بالأكسدة.

Cantwell, M. 1995. Post-harvest management of fruits and vegetable stems. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 120–141. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO.إدارة ما بعد الحصاد للثمار والسيقان النباتية

Cantwell, M., Rodríguez Feliz, A. & Robles Contreras. F. 1992. Postharvest physiology of prickly pear cactus stems. *Sci. Hortic.*, 50: 1–9.علم وظائف الأعضاء بعد الحصاد لسيقان الصبار

Caplan, K. 1990. Marketing strategies for cactus pear and cactus pear leaves for 1990´s. In P. Felker, ed. Proceedings of the First Annual Texas Prickly Pear Council, Texas A&M University, Kingsville, Texas, USA.استراتيجيات تسويق الصبار وأوراقه بالتسعينات.

Cardador Martínez, A., Jiménez Martínez, C. & Sandoval, G. 2011. Revalorization of cactus pear *(Opuntia spp.) wastes as a source of antioxidants. Cienc. Tecnol. Aliment. (Campinas, Braz.)*, 31(3): 782–788.. إعادة تقييم نفايات صبار (Opuntia spp.) كمصدر لمضادات الأكسدة.

Carpio, M.D.A. 1952. Nota sobre la cariología de dos especies de*Opuntia. Genét. Ibér*, 4: 47–62. تقرير عن تسوس/ نخر "كاريولوجيا" نوعين من الصباريات.

Caruso, M., Currò, S., Las Casas, G., La Malfa, S. & Gentile 2010. Microsatellite markers help to assess genetic diversity among *Opuntia ficus-indica* cultivated genotypes and their relation with related species. *Plant Syst. Evol., 290: 85–95.*
مساعدة واسمات السواتل الصغرى على تقييم التنوع الوراثي بين الأنماط الجينية المستنبتة من صبار Opuntia ficus-indica "وعلاقته بالأنواع ذات الصلة.

Casas, A. & Barbera, G. 2002. Mesoamerican domestication and diffusion. In P.S. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses, pp*.143–162. Berkeley, CA, USA, University of California Press.التوطين والإنتشار في أمريكا الوسطى

Casp, A. & Abril, J. 1999. *Procesos de conservación de alimentos*. Madrid, Mundi-Prensa.عمليات حفظ الأغذية

Cassano, A., Conidi, C., Timpone, R., D'Avel-la, M. & Drioli, E. 2007. A membrane–based process for the clarification and concentration of cactus pear juice. *J. Food Eng.*, 8: 914–921.طريقة تعتمد على الأغشية لتنقية وتركيز عصير الصبار

Cassano, A., Conidi, C., Timpone, R., D´Aveella, M. & Drioli, E. 2010. Physico–chemical parameters of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice clarified by microfiltration and ultrafiltration processes. *Desalination*, 250: 1101–1104.المعلمات الفيزيائية الكيميائية لعصير صبار (Opuntia ficus-indica) موضحة بعمليات الترشيح الدقيق والترشيح الفائق.

Castellanos Santiago, E. & Yahia, E.M. 2008. Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 Mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, 56: 5758-5764.10 تحديد وتقدير حجم البيتاليانات من ثمار أصناف من الصبار المكسيكي من خلال إستشراب السائل وكتلة التأين الكهرومرذاذي عالي الأداء

Castellar, R., Obon, J., Alacid, M. & Fernández López, J. 2003. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *J. Agric. Food Chem.*, 51: 2772–2776. خصائص لون وثبات صبغة أحمر البنجر "البيتاسيانينات "لثمار الصبار

Castellar, M.R., Obon, J.M., Alacid, M. & Fernández López, J.A. 2008. Fermentation of *Opuntia stricta* (Haw.) fruits for betalains concentration. *J. Agric. Food Chem., 56: 4253–4257*. تخمر ثمار الصبار المنتصبة (ثمر الزعرور) لتركيز البيتاليانات.

Caswell, J. 2000. Analyzing quality and quality assurance (including labeling) for GMOs. *AgBioForum*, 3(4): 225–230.تحليل الجودة وضمان الجودة (بما في ذلك التصنيف) للكائنات المعدلة وراثيا GMOs

Cefola, M., Renna, M. & Pace, B. 2014. Marketability of ready–to–eat cactus pear as affected by temperature and modified atmosphere. *J. Food Sci. Technol.*, 51(1): 25–33. مدى قابلية تسويق الصبار الجاهز للأكل لتأثره بدرجة الحرارة والمناخ المعدل.

CEZA (Agricultural Centre for Arid Zones). 2011. *Tuna*. University of Chile. 12 pp. صبار Tuna

Chalak, L., Younes, J., Rouphael, S. & Hamadeh, B. 2012. Morphological characterization of prickly pears (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill.) cultivated in Lebanon. *Int. J. Sci. Res.,* 3(6): 2541–2553. التوصيف المورفولوجي لصبار (Opuntia ficus indica (L.) Mill) المزروعة في لبنان.

Chávez Moreno, C.K., Tecante, A. & Casas, A. 2009. The ***Opuntia*** (Cactaceae) and ***Dactylopius*** (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and dis-tribution. *Biodiversity Conserv.*, 18: 3337–3355. صباريات (Cactaceae) (نصفيات) و الدودة القرمزية الأجنحة: الوعفيات) في المكسيك: المنظور التاريخي للاستخدام والتفاعل والتصنيف.

Chavez Santoscoy, R.A., Gutierrez Uribe, J.A. & Serna Saldivar, S.O. 2009. Phenolic composition, antioxidant capacity and in vitro cancer cell cytotoxicity of nine prickly pear (*Opuntia* spp.) juices. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 64: 146–152. التركيب الفينولي، والقدرة المضادة للأكسدة والسمية الخلوية للخلايا السرطانية لتسعة من عصائر صبار (Opuntia spp.).

Chermiti, A. 1998. Utilisation des figues de Barbarie en remplacement de la mélasse dans les blocs nutritionnels. Effets sur l'ingestion volontaire. *Ann. Zootech.*, 47: 179–184. استخدام "التين البربري" كبديل لدبس السكر في البنايات الغذائية. الآثار المترتبة على التناول الطوعي

Cheryan, M. 1998. *Ultrafiltration and microfiltration handbook*. Second edition. Lancaster, USA, CRS Press. 527 pp. كتيب الترشيح الفائق والترشيح الدقيق.

Chessa, I. 2010. Cactus pear genetic resources conservation, evaluation and uses. *Cactusnet Newsletter*, 12 [Special issue]: 45–53. حماية وتقييم واستخدامات المصادر الجينية للصبار

Chessa, I. & Barbera, G. 1984. Indagine sulla frigoconservazione dei frutti della cv 'Gialla' di ficodindia. *Frutticoltura*, 46: 57–61. دراسة استقصائية عن الحفظ البارد الصبار "الأصفر"

Chessa, I. & Nieddu, G. 1997. Descriptors for Cactus pear (***Opuntia*** spp.). *Cactusnet News-letter*, [Special issue]: 39. عناصر توصيف صبار (Opuntia spp.).

Chessa, I. & Schirra, M. 1992. Prickly pear cv 'Gialla': intermittent and constant refrigeration trials. *Acta Hortic.*, 296: 129–137. الصبار "الأصفر": تجارب التبريد المتقطعة والثابتة.

Chessa, I., Nieddu, G., Serra, P., Inglese, P. & La Mantia, T. 1997. Isozyme characterization of *Opuntia* species and varieties from Italian germplasm. *Acta Hortic.*, 438: 45–56. توصيف النظير الإنزيمي لأصناف وأنواع الصبار من المادة الوراثية الحية الإيطالية.

Chessa, I., Erre, P., Barbato, M., Ochoa, J. & Nieddu, G. 2013. Polymorphic microsatellite DNA markers in *Opuntia* spp. collections. *Acta Hortic.*, 995: 3–50. واسمات الحمض النووي للسواتل الصغرى متعددة الأشكال في الصبار

Chinnock, R.J. 2015. Feral opuntioid cacti in Australia. *J. Adelaide Bot. Gard.* 3 [Supplement]: 69. الصبار البري في أستراليا

Chironi, S. & Ingrassia, M. 2015. Study of the importance of emotional factors connected to the colors of fresh–cut cactus pear fruits in consumer purchase choices for a marketing positioning strategy. Proceedings of the VIII International Congress on Cactus Pear and Cochineal. *Acta Hortic.*, 1067: 209–216. دراسة أهمية العوامل الحسية المتصلة بألوان ثمار الصبار المقطوفة حديثًا في خيارات شراء المستهلك لوضع استراتيجية تمركز التسويق

Cho, J.Y., Park, S.C., Kim, T.W., Kim, K.S., Song, J.C., Kim, S.K., Lee, H.M., Sung, H.J., Park, H.J., Song, Y.B., Yoo, E.S., Lee, Ch. & Rhee, M.H. 2006. Radical scavenging and anti–inflammatory activity of extracts from *Opuntia humifusa* Raf. *J. Pharm. Pharmacol.*, 58: 113–119. عمليات الكسح الجذري والنشاط المضاد للالتهابات لمستخلصات ساق الصبار (RAF.).

Chougui, N., Tamendjari, A., Hamiidj, W., Hallal, S. Barras, A., Richard, T. & Larbat, R. 2013. Oil composition and characteristics of phenolic compounds of *Opuntia ficus-indica seeds. Food Chem.*, 139: 796–803. مركب الزيت وخصائص المركبات الفينولية لبذور صبار (Opuntia ficus-indica).

Cicala, A., Fabbri, A., Di Grazia, A., Tamburino, A. & Valenti, C. 1997. Plant shading and flower induction in ***Opuntia ficus-indica*** (L.) Mill. ***Acta Hortic.***, 438: 57–64. التظليل النباتي وتحريض الإزهار في صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill)

Cissé, M., Vaillant, F., Pallet, D. & Dornier, M. 2011. Selecting ultrafiltration and nanofiltration membranes to concentrate anthocyanins from roselle extract *(Hibiscus sabdariffa* L.). *Food Res. Int.*, 44: 2607–2614. إنتقاء الترشيح الفائق وأغشية الترشيح النانوي لتركيز الأنثوسيانات من مستخلص الكركديه (خطمي سابداريفا).

Claassens, A.S. & Wessels, A.B. 1997. The fertiliser requirement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) under summer rainfall conditions in South Africa. *Acta Hortic.*, 438: 83–95. متطلبات أسمدة صبار (Opuntia ficus-indica) تحت ظروف هطول الأمطار الصيفية في جنوب أفريقيا.

Claps, L.E. & de Haro, M.E. 2001. Coccoidea (Insecta: Hemiptera) associated with Cactaceae in Argentina. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 4: 77–83. القرمزيات (الحشرة: نصفيات الأجنحة) المصاحبة للصباريات في الأرجنتين.

Coetzer, G.M. & Fouche, H.J. 2015. Fruit yield and quality of cactus pear (*Opuntia* spp.) cultivars in the Central Free State, South Africa. *Acta Hortic.*, 1067: 89–96. إنتاجية الثمار وجودة الأصناف المستنبتة من صبار (Opuntia spp.) في وسط مدينة فري ستيت، جنوب أفريقيا

Colunga Garcia, M.P., Hernández Xolocotzi, E. & Castillo, A. 1986. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia* spp. en El Bajío guanajuatense. *Agro-ciencia*, 65: 7–49. التنوع المورفولوجي، والإدارة الزراعية ودرجات توطين الصبار في إل باجيو غواناجواتنس

Consoli, S., Inglese, G. & Inglese, P. 2013. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.)) orchard in a semi–arid environment. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 139: 680–690. تحديد إنتاجية بخر النتفس النباتي والكتلة الحيوية السنوية في لبستان/ حقل صبار (Opuntia ficus-indica L. (Mill.)) بيئة شبه قاحلة.

Corbo, M.R., Altieri, C., D'Amato, D., Campaniello, D., Del Nobile, M.A. & Sinigaglia, M. 2004. Effect of temperature on shelf–life of lightly processed cactus pear fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 31: 93–104.. تأثير درجة الحرارة على العمر الافتراضي لثمار الصبار المعرضة لمعالجة طفيفة.

Cordeiro dos Santos, D. & Gonzaga de Albuquerque, S. 2001. Fodder nopal use in the semi–arid northeast of Brazil. In C. Mon-dragón Jacobo & S. Pérez González, eds. *Cac-tus (*Opuntia *spp.) as forage*, pp. 37–50. FAO Plant Production and Protection Paper No. 169. Rome, FAO. استخدام أعلاف الصبار في البيئة شبه القاحلة في شمال شرق البرازيل.

Coria Cayupán, Y.S., Targa, G., Ochoa, M.J. & **Nazareno, M.A.** 2009. Bioactive substance content and antioxidant activity changes dur-ing cooled storage of yellow spineless cactus pears. *Acta Hortic.*, 811: 131–136. التغيرات في محتوى المادة الحيوية والنشاط المضاد للأكسدة أثناء التخزين المبرد للصبار الأصفر عديم الأشواك.

Coria Cayupán, Y.S., Ochoa, M.J. & Nazareno, M.A. 2011. Health–promoting substances and antioxidant properties of *Opuntia* sp. fruits. Changes in bioactive–compound contents during ripening process. *Food Chem.*, 126: 514–519. خصائص المواد التي تعزز الصحة والمضادة للأكسدة في ثمار الصبار التغيرات في محتويات المركب الحيوي النشطة أثناء عملية النضج.

Cornelis, W.M. 2006. Hydroclimatology of wind erosion in arid and semiarid environments. In *Dryland ecohydrology*, pp. 141–159. Netherlands, Springer. علم المناخ المائي "الهيدرولوجي" المتعلق بالتعرية الريحية والتآكل في البيئات القاحلة وشبه القاحلة.

Corrales García, J. 2010. Perspectivas agroindustriales de la postcosecha de nopalito y la tuna. *Rev. Salud Publica Nutr.*, 5 [Edición Especial]: 1–22. آفاق الصناعات الزراعية للصبار فيما بعد الحصاد.

Corrales García, J. & Flores Valdez, C.A. 2003. Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y la tuna. In C.A. Flores Valdez, ed. *Nopalitos y tunas, producción, comercialización, poscosecha e industrialización*, pp. 167–215. Mexico, Autonomous University of Chapingo. الاتجاهات الحالية والمستقبلية في معالجة الصبار في كاليفورنيا.

Corrales García, J., Andrade Rodrìguez, J. & Bernabé Cruz, E. 1997. Response of six cultivars of tuna fruits to cold storage. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 2: 160–168. استجابة ستة أصناف من ثمار الصبار للتخزين البارد

Corrales García, J., Peña Valdivia, C.B., Razo Martínez, Y. & Sánchez Hernández, M. 2004. Acidity changes and pH–buffering capacity of *nopalitos* (*Opuntia* spp.). *Postharvest Biol. Technol.*, 32: 169–174. تغيرات الحموضة والقدرة التنظيمية لدرجة حموضة pH صبار (Opuntia spp.).

Costa, R.G., Filho, E.M.B., Nunes De Medeiros, A., Givisiez, P.E.N., Queiroga, R.C.R.E. & Melo, A.A.S. 2009. Effects of increasing levels of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. *Small Ruminant Res.*, 82: 62–65. تأثيرات زيادة معدلات صبار (Opuntia ficus-indica L. Miller) في النظام الغذائي للماعز الحلوب ومساهمتها كمصدر للمياه.

Costa, R.G., Trevino, I.H., De Medeiros, G.R., Medeiros, A.N., Pinto, T.F. & De Oliveira, R.L. 2012. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. *Small Ruminant Res.*, 102: 13–17. تأثيرات استبدال الذرة بصبار (Opuntia ficus indica Mill) على أداء الحملان من فصيلة سانتا إينيس.

Crisosto, C.H. & Valero, D. 2008. Harvesting and postharvest handling of peaches for the fresh market. In Layne and Bassi, eds. *The peach: Botany, production and uses*, pp. 575–596. CAB International. الحصاد ومعالجة ما بعد الحصاد للخوخ في أسواق المنتجات الطازجة. في لاين وباسي

Crosby, A.W. 1992. *The Columbian exchange. Biological and cultural consequences of 1492.* Turin, Italy, Einaudieditore. التبادل الكولومبي. الآثار البيولوجية والثقافية لعام 1492.

Curtis, J.R. 1977. Prickly pear farming in the Santa Clara Valley, California. *Econ. Bot.*, 31: 175–179. زراعة الصبار في وادي سانتا كلارا، كاليفورنيا.

Da Costa, M & Huang, 2009. Physiological stress adaptations of perennial grasses to drought stress. In E. De la Barrera & W. Smith, eds. *Perspectives in biophysical plant ecophysiology: A tribute to Park S. Nobel*, pp. 169–190. Mexico City, UNAM. أوجه التكيفات الفسيولوجية للأعشاب المعمرة تجاه إجهاد الجفاف

D'Aquino, S., Agabbio, M., Piga, A., Pilo, G. & Sassu, M.M. 1996. Influenza di alcuni fungicidi sullo sviluppo dei marciumi in frutti di fico d'India frigoconservati. *Italus Hortus,* 3: 32–37. تأثير بعض المبيدات الفطرية على تطور التعفن في ثمار الصبار المحفوظة في الثلاجة.

D'Aquino, S., Barberis, A., Continella, A., La Malfa, S., Gentile, A. & Schirra, M. 2012. Individual and combined effects of postharvest dip treatments with water at 50 °C, soy lecithin and sodium carbonate on cold stored cactus pear fruits. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci. (Univ. Ghent),* 77: 207–217. الآثار الفردية والمجتمعة لمعالجات الغمس بعد الحصاد في الماء عند 50 درجة مئوية وفول الصويا الليسيثين وكربونات الصوديوم على ثمار الصبار المخزنة في مكان بارد.

D'Aquino, S., Chessa, I. & Schirra, M. 2014. Heat treatment at 38 °C and 75–80% relative humidity ameliorate storability of cactus pear fruit (*Opuntia ficus-indica* cv 'Gialla'). *Food Bioprocess Technol.*, 7: 1066–1077. المعالجة الحرارية عند 38 درجة مئوية والرطوبة النسبية بمعدل 75-80٪ تحسن قابلية تخزين ثمار الصبار الأصفر (Opuntia ficus-indica cv 'Gialla').

D'Aquino, S., Palma, A., Schirra, M., Continella, A., La Malfa, S. & Gentile, A. 2015. Decay control of cactus pear by pre– and post–cold storage and water at 50 °C. *Acta Hortic.*, 1067: 119–125. مكافحة تعفن الصبار من خلال التخزين البارد قبل وبعد والماء في 50 درجة مئوية.

Da Silva Vilela, M., De Andrade Ferreira, M., De Azevedo, M., Modesto, E.C., Vasconcelos Guimarães, A. & Bispo, S.V. 2010. Effect of processing and feeding strategy of the spineless cactus (Opuntia fícus–indica Mill.) for lactating cows: Ingestive behavior. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 125: 1–8. تأثير استراتيجية معالجة وتغذية الصبار عديم الأشواك (Opuntia fícus–indica Mill.) للأبقار المرضعات: السلوك الاحتقاني.

De Acosta, J. 1590. In O. Di Lullo, 1944. *El folklore de Santiago del Estero*, 1: 385. Publicación Oficial. Santiago del Estero. الفولكلور في سانتياغو ديل استيرو

De Felice, M.S. 2004. Prickly pear cactus, *Opuntia* spp. A spine–tingling tale. *Weed Technol.*, 18: 869–877. صبار (Oputia spp.) قصة وخز الأشواك.

De Haro, M.E. & Claps, L.E. 1999. Primera cita de *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae) para la República Argentina. *Rev. Soc. Entomol. Argent.*, 58: 128. الإجتماع الأول بشأن الدودة القرمزية (نصفيات الأجنحة Hemiptera : في جمهورية الأرجنتين Dactylopiidae) الدودة القرمزية.

Deidda, P., Nieddu, G. & Spano, D. 1992. Reproductive behaviour of cactus pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. in Sardinia. En Actas II Congreso Internacional de Tuna y Cochinilla, 22–25 septiembre 1992, Santiago de Chile, pp. 19–23. السلوك التكاثري لصبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) في سردينيا.

De Kock, G.C. 1980. Drought–resistant fodder shrub crops in South Africa. In H.N. Le Houérou, ed. *Browse in Africa: The current state of knowledge*, pp. 399–410. Addis Ababa, International Livestock Centre for Africa. محاصيل شجيرات العلف المقاومة للجفاف في جنوب أفريقيا.

De Kock, G.C. & Aucamp, J.D. 1970. *Spineless cactus. The farmer's provision against drought*, pp. 1–11. Leaflet No. 37. Agricultural Research Institute of the Karoo Region, Dept. Agric. Tech. Services. الصبار عديم الأشواك. الإحتياطات المتبعة من قبل المزارع تجاه الجفاف

De la Barrera, E. & Nobel, P.S. 2004. Carbon and water relations for developing fruits of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, including effects of drought and gibberellic acid. *J. Exp. Bot.*, 55(397): 719–729. العلاقات بين الكربون والماء لتطوير ثمار صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Miller)، بما في ذلك تأثيرات الجفاف وحمض الجبريليك.

De la Cruz, M., Ramírez, F. & Hernández, H. 1997. DNA isolation and amplification from cacti. *Plant Mol. Biol. Rep.*, 15: 319–325. عزل وتضخيم الحمض النووي للصبار.

De Léo, M., De Abreu, M.B., Pawlowska, A.M., Cioni, P.L. & Braca, A. 2010. Profiling the chemical content of *Opuntia ficus-indica* flowers by HPLC–PDA–ESI–MS and GC/EIMS analyses. *Phytochem. Lett.*, 3: 48–52. تنميط المحتوى الكيميائي صبار (Opuntia ficus-indica) من خلال تحليلات الإستشراب السائلي عالي الأداء (HPLC) - التأين الكهرومرذاذي - صفيف ثنائي ضوئي (PDA) استشراب قياس الطيف الكتلي - (MS) (ESI) كروماتوغرافيا " الغاز / تأثير الإلكترون على قياس الطيف الكتلي (GC/EIMS).

Delgado, A.E. & Sun, D.W. 2000. Heat and mass transfer for predicting freezing process-es, a review. *J. Food Eng.*, 47: 157–174. نقل الحرارة والكتلة لتوقع أساليب التجميد، دراسة استعراضية.

Delgado Sánchez, P., Yáñez Espinosa, L., Jiménez Bremont, J.F., Chapa Vargas, L. & Flores, J. 2013. Ecophysiological and anatomical mechanisms behind the nurse effect: Which are more important? A multivariate approach for cactus seedlings. *PLoS ONE*, 9(4): e95405. الآليات الفيزيولوجية والتشريحية وراء التأثير الوقائي: ما هو الأهم؟ النهج متعدد المتغيرات لشتلات الصبار.

De Lotto, G. 1974. On the status and identity of the cochineal insects (Homóptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *J. Entomol. Soc. South. Afr.*, 37: 167–193. عن وضع وتجانس الحشرات القرمزية (متشابهات الأجنحة (Homóptera): الحشرة القشرية (Coccoidea): الدودة القرمزية (Dactylopiidae)).

Del Nobile, M.A., Licciardello, F., Scrocco, C., Muratore, G. & Zappa, M. 2007. Design of plastic packages for minimally processed fruits. *J. Food Eng.*, 79: 217–224. تصميم العبوات البلاستيكية للثمار المعالجة عند أدنى حد.

Del Nobile, M.A., Conte, A., Scrocco, C. & Brescia, I. 2009. New strategies for minimally processed cactus pear packaging. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 10: 356–362. استراتيجيات جديدة لتعبئة الصبار الخاضعة للمعالجة عند أدنى حد.

Del Valle, V., Hernandez Muñoz, P., Guarda, A. & Galotto, M.J. 2005. Development of a cactus–mucilage edible coating (*Opuntia ficus-indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf–life. *Food Chem.*, 91: 751–756. نمو طبقة خارجية للصبار من الصمغ النباتي صالحة للأكل (Opuntia ficus-indica) وتطبيقها لتمديد العمر الإفتراضي للفراولة (الشليك الأناناسي).

De Lyra, M.C.C.P., Santos, D.C., Mondragón Jacobo, C., da Silva, M.L.R.B., Mergulhão, A.C.E.S & Martínez Romero, E. 2013a. Isolation and molecular characterization of endophytic bacteria associated with the culture of forage cactus (*Opuntia* spp.). *J. Appl. Biol. Biotechnol.*, 1(01): 006–010. العزل والتوصيف الجزيئي للبكتيريا الطفيلية الداخلية المرتبطة بإستنبات الصبار العلفي (Opuntia spp.).

De Lyra, M.C.C.P., Santos, D.C., Da Silva, M.L.R.B., Martínez Romero, E. & Mondragón Jacobo, C. 2013b. Molecular characteristics of Opuntias based on internal transcribed spacer sequences (ITS) of Queretaro State – Mexico. *Acta Hortic.* 995: 99–108. الخصائص الجزيئية للصبار على أساس تسلسلات المباعدة الداخلية المسجلة (ITS) - المكسيك - ولاية كويريتارو.

De Micco , V. & Aronne, G. 2012. Morpho–anatomical traits for plant adaptation to drought. plant responses to drought stress. In R. Aroca, ed. *Plant responses to drought stress from morphological to molecular features*, pp. 37–61. 461 pp. السمات المورفولوجية التشريحية للتكيف النباتي مع الجفاف. استجابات النباتات لإجهاد الجفاف. استجابات النبات على لإجهاد الجفاف من ED.. ، في أروكا ر الخصائص المورفولوجية إلى الجزيئية

De Waal, H.O., Schwalbach, L.M.J., Combrinck, W.J., Shiningavamwe, K.L. & Els, J. 2013a. Commercialisation of sun–dried cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) cladodes in feedlot diets for Dorper Wether lambs. *Acta Hortic.*, 995: 343–350. تسويق السيقان الورقية للصبار (Opuntia ficus-indica) المجفف بالشمس في النظم الغذائية لتسمين خراف دروبر المخصية.

De Waal, H.O., Fouché, H., de Wit, M., Zimmerman, H.G. & Louhaichi, M. 2013b. *Cactus pear in South Africa: History, challenges, and potential* (available at http://www.icarda.org/sites/default/files/Cactus–Pear–in–South–Africa–new–%281%29.pdf). الصبار في جنوب أفريقيا: التاريخ والتحديات والإمكانات

De Waal, H.O., Jouhaichi, M., Taguchi, M., Fouché, H. & de Wit, M., eds. 2015. Development of a cactus pear agro–industry for the sub–Sahara Africa region. *Cactusnet Newsletter*, 14 [Special Issue]. 94 pp. تنمية الصناعات الزراعية المتعلقة بالصبار في منطقة جنوب الصحراء الكبرى في أفريقيا.

De Wit, M., Nel, P., Osthoff, G. & Labuschagne, M.T. 2010. The effect of variety and location on cactus pear fruit quality. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 65(2): 136–145. تأثير النوع والموقع على جودة ثمار الصبار.

De Wit, M., Bothma, C., Swart, P., Frey, M. & Hugo, A. 2014. Thermal treatment, jelly processing and sensory evaluation of cactus pear fruit juice. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 16: 1–14. المعالجة الحرارية، وانتاج الهلام والتقييم الحسي لعصير ثمار الصبار.

Díaz, M.I. 2003. Rescate del colonche y elaboración de vino de tuna. En Memorias IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 2–6 September, Zacatecas, Mexico, pp. 256–259. إنقاذ مشروب الكومانشي الكحولي وإنتاج نبيذ الصبار.

Díaz, F., Santos, E.M., Filardo, S., Villagómez, R. & Scheinvar, L. 2006. Colorant extraction from a red prickly pear (*Opuntia lasiacantha*) for food application. *Electron. J. Environ., Agric. Food Chem.*, 5: 1330–1337.. استخراج الأصباغ من الصبار الأحمر (Opuntia lasiacantha) لإستخدامه في الغذاء.

Diaz del Castillo, B. 1991. *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España* (ca. 1568), pp. 109–117. TEA. التاريخ الحقيقي لغزو إسبانيا الجديدة (حوالي 1568)

Diaz Franco., A. & Maya Hernandez, V. 2014. *Producción de nopal de verdura de invierno en microtuneles en Tamaulipas.* Desplegable para productores. Mexico, INIFAP, CIRNO. إنتاج نبات الصبار داخل الأنبيبيات الدقيقة في ولاية تاماوليباس.

Diaz Medina, E.M., Rodríguez Rodríguez, E.M. & Díaz Romero, C. 2007. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus-indica* fruits. *Food Chem.*, 103: 38–45. التوصيف الكيميائي لثمار الصبار الأرجواني وصبار Opuntia ficus-indica

Diguet, L. 1928. *Les cactacées utiles du Mexique*. Archives d'Histoire Naturelles, Soc. Nat. D'Acclimatation de France, Paris. 552 pp. الصبار مفيد للمكسيك. سجلات التاريخ الطبيعي

Di Lullo, O. 1944. *El folklore de Santiago del Estero*. Publicación Oficial, Santiago del Estero. الفولكلور في سانتياغو ديل استيرو.

Dimitris, L., Pompodakis, N., Markellou, E. & Lionakis, S.M. 2005. Storage response of cactus pear fruit following hot water brushing. *Postharvest Biol. Technol.*, 38: 145–151. مدى استجابة ثمار الصبار للتخزين بعد التفريش بالماء الساخن.

Dodd, A.P. 1940. *The biological campaign against prickly pear*. Commonwealth Prickly Pear Board Bulletin. Brisbane, Australia, Government Printer. 177 pp. الهجوم البيولوجي ضد الصبار.

D'Odorico, P. & Porporato, A. 2006. Ecohydrology of arid and semiarid ecosystems, an introduction. In *Dryland ecohydrology,* pp. 1–10. Netherlands, Springer. هيدرولوجيا الإيكولوجية للنظم الإيكولوجية الجافة وشبه الجافة، مدخل. في علم الهيدرولوجيا الإيكولوجية في الأراضي الجافة

Dok Go, H., Lee, K.H., Kim, H.J., Lee, E.H., Lee, J., Song, Y.S., Lee, Y.H., Jin, C. Lee, Y.S. & Cho, J. 2003. Neuroprotective effects of antioxidative flavonoids, quercetin, (+)–dihydroquercetin and quercetin 3–methyl ether, isolated from *Opuntia ficus-indica* var. saboten. *Brain Res.*, 965(13): 130–136.

Domingues, O. 1963. *Origem e introdução da palma forrageira no Nordeste*. Recife, Brazil, Instituto Joaquim Nabuco de Pesquisas Sociais.منشأ واستحداث وإدخال أعلاف الصبار عديم الأشواك في شمال شرق البلاد.

Donkin, R.A. 1977. Spanish red: An ethnographic study of cochineal and the *Opuntia* cactus. *Trans. Am. Philos. Soc.*, 67(5): 1–77.الأحمر الإسباني: دراسة إثنوغرافية للحشرة القرمزية.

Doran, J.W. 2002. Soil health and global sustainability: translating science into practice. *Agric., Ecosyst. Environ.*, 88: 119-127.صحة التربة والاستدامة العالمية: ترجمة العلوم إلى واقع عملي.

Doria, G. 1992. Piante en animali protogonisti dellíntegrazione atlántica. In L. Capocaccia Orsini & G. Doria, *Animali e piante dall´America all'Europa.* Genova, Italy, SAGEP.النباتات والحيوانات هم الأطراف الرئيسية في التكامل الأطلسي.

Drennan, P.M. 2009. Temperature influences on plant species of arid and semi–arid regions with emphasis on CAM succulents. In E. De la Barrera & W. Smith, eds. *Perspectives in bio-physical plant ecophysiology: A tribute to Park S. Nobel*, pp. 57–94. Mexico City, UNAM.تأثيرات درجات الحرارة على الأنواع النباتية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة مع التركيز على عصارة نباتات الأيض الحمضي الكراسوليسياني CAM.

Drennan, P.M. & Nobel, P.S. 1998. Root growth dependence on soil temperature for *Opuntia ficus-indica*: influences of air temperature and a doubled CO_2 concentration. *Funct. Ecol.*, 12: 959–964.اعتماد نمو الجذر على درجة حرارة التربة في الصبار: تأثيرات درجة حرارة الهواء وتضاعف تركيز ثاني أكسيد الكربون CO2.

Drennan, P.M. & Nobel, P.S. 2000. Responses of CAM species to increasing atmospheric CO_2 concentrations. *Plant, Cell Env.*, 23: 767–781.استجابات أنواع نباتات الأيض الحمضي الكراسوليسياني CAM لزيادة تركيزات ثاني أكسيد الكربون في الظروف المحيطة CO2.

Dubeux Jr, J.C.B. & Santos, M.V.F. 2005. dos. Exigências nutricionais da palma forrageira. In R.S.C. Menezes, D.A. Simões & E.V.S.B. Sampaio, eds. *A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*, pp. 105–128. Recife, Brazil, Editora Universitária UFPE. . المتطلبات التغذوية للصبار عديم الأشواك

Dubeux, Jr, J.C.B., Santos, M.V.F. dos, Lira, M.A., Santos, D.C. dos, Farias, I., Lima, L.E. & Ferreira, R.L.C. 2006. Productivity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller under different N and P fertilization and plant population in north–east Brazil. *J. Arid Environ.*, 67: 357–372.إنتاجية صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Miller) تحت ظروف مختلفة من التسميد بالنيتروجين (N) وكثافة نباتية في شمال شرق البرازيل (P) والفوسفور.

Dubeux Jr, J.C.B., Saraiva, F.M., Santos, D.J.C. dos., Lira, M.A., Santos, M.V.F. dos. & Silva, N.G. de M. 2011a. *Exigencias nutricionais e adubação da palma forrageira*. 2º Congresso Brasileiro de Palma e Outras Cactáceas, Garanhuns, PE.المتطلبات التغذوية وتسميد الصبار.

Dubeux, Jr, J.C.B., Muir, J.P., Santos, M.V.F., Vendramini, J.M.B., Mello, A.C.L. & Lira, M.A. 2011b. Improving grassland productivity in the face of economic, social, and environmental challenges. *Braz. J. Anim. Sci.*, 40: 280–290.تحسين إنتاجية المراعي في مواجهة التحديات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

Dubeux Jr, J.C.B., dos Santos, M.V.F, Cavalcante, M. & dos Santos, D.C. 2013. *Potencial da palma forrageira na América do sul* Proceedings of the Second Meeting for the Integral Use of Cactus Pear and Other Cacti and First South American Meeting of FAO–ICARDA CactusNet, 12–19 September 2012, Santiago del Estero, Argentina. 175 pp.إمكانيات وقائع المؤتمر الثاني للاستخدام المتكامل للصبار وغيره من الصباريات والمؤتمر الأول لجنوب أمريكا التابع لمنظمة الأغذية والزراعة استخدام الصبار كعلف في أمريكا الجنوبية

Dubeux, Jr, J.C.B., dos Santos, D.C., Lira, M. de A., dos Santos, M.V.F., Lima, G.F da C., de Mello, A.C.L., Ferreira, M. de A. & da Cunha, M.V. 2015a. Global use of cactus as livestock feed. In H.O. De Waal, M. Louhaichi, M. aguchi, H.J. Fouche & M. de Wit, eds. *Development of cactus pear agroindustry for the sub–Saharan African Region*. Proceedings of the International Workshop, 27–28 January 2015, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa. 96 pp.الاستخدام العالمي للصبار كعلف للماشية.

M. De A., Dos Santos, D.C., Lira, M. De A. & Silva, M. Da C. 2015b. Forage potential of cacti on drylands. *Acta Hortic.*, 1067: 181–186.إمكانات استخدام الصبار كعلف في الأراضي الجافة.

Dubrovsky, J.G., North, G.B. & Nobel, P.S. 1998. Root growth, developmental changes in the apex, and hydraulic conductivity for *Opuntia ficus-indica* during drought. *New Phytol.*, 138: 75–82. . نمو الجذر، والتغيرات التنموية في القمة، والنفاذية المائية (التوصيل الهيدروليكي) لصبار (Opuntia ficus-indica) خلال الجفاف.

Duru, B. & Turker, N. 2005. Changes in physical properties and chemical composition of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) d uring maturation. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 7: 22–33.التغييرات في الخصائص الفيزيائية والتكوين الكيميائي لصبار (Opuntia ficus-indica) أثناء النضج.

Eames, A.J. 1961. *Morphology of the angiosperms*. 518 pp. مورفولوجيا كاسيات البذور.

Einkamerer, O.B. 2008. *Animal performance and utilization of* Opuntia*-based diets by sheep*. Bloemfontein, South Africa, University of the Free State (MSc dissertation).الحيوان واستخدام الأغنام للأنظمة الغذائية القائمة على الصبار.

Einkamerer, O.B., De Waal, H.O., Combrinck, W.J. & Fair, M.D. 2009. Feed utilization and growth of Dorper wethers on *Opuntia*–based diets. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 39 [Supplement 1]: 53–57.استخدام الأعلاف ونمو خراف دوربر المخصية على الأنظمة الغذائية القائمة على الصبار.

Enigbocan, M.A., Felder, T.B., Thompson, J.O., Kuti, J.O. & Ekpenyong, K.I. 1996. Hypoglycaemic effects of *Opuntia ficus-indica* Mill., *Opuntia lindheimeri* Engelm. and *Opuntia robusta* Wendl. in streptozotocin–induced diabetic rats. *Phytother. Res.*, 10: 379–382.تأثيرات نقص سكر الدم الناجم عن صبار (Opuntia ficus-indica Mill.) في الفئران المصابة بالسكري الناجم عن الستربيتوزوتوسين.

Ennouri, M., Evelyne, B., Laurence, M. & Hamadi, A. 2005. Fatty acid composition and rheological behaviour of prickly pear seed oils. *Food Chem.*, 93: 431–437.مركبات الأحماض الدهنية والسلوك الإنسيابي لزيوت بذور الصبار الشوكي.

Ennouri, M., Fetoui, H., Bourret, E., Zeghal, N., Guermazi, F. & Hamadi, A. 2006a. Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus-indica*. 1. Influence of a seed oil supplemented diet on rats. *Bioresour. Technol.*, 97: 1382–1386. تقييم بعض المعلمات البيولوجية لصبار 1(Opuntia ficus-indica). تأثير النظام الغذائي لمكملات البذور على الفئران.

Ennouri, M., Fetoui, H., Bourret, E., Zeghal, N., Guermazi, F. & Hamadi, A. 2006b. Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus-indica*. 2. Influence of seed supplemented diet on rats. *Bioresour. Technol.*, 97: 2136–2140. تقييم بعض المعلمات البيولوجية لصبار (Opuntia ficus-indica)2. تأثير النظام الغذائي لمكملات البذور على الفئران.

Ennouri, M., Fetoui, H., Hammami, M., Bourret, E., Hamadi, A. & Zeghal, N. 2007. Effects of diet supplementation with cactus pear seeds and oil on serum and liver lipid parameters in rats. *Food Chem.*, 101: 248–253. تأثيرات النظام الغذائي للمكملات مع بذور وزيت الصبار على مصل الدم ومعلمات دهو الكبد في الفئران.

Erre, P. & Chessa, I. 2013. Discriminant analysis of morphological descriptors to differentiate the *Opuntia* genotypes. *Acta Hortic.*, 995: 43–50. تحليل تمايز الواصفات المورفولوجية للتمييز بين الأنماط الجينية للصبار.

Erre, P., Nieddu, G. & Chessa, I. 2013. Polymorphic microsatellite DNA markers in *Opun-tia* spp. collections. *Acta Hortic.*, 995: 35–41. واسمات السواتل الصغيرة متعدد الأشكال للحمض النووي في الصبار.

Erre, P., Chessa, I., Nieddu, G. & Jones, P.G. 2011. Diversity and spatial distribution of *Opuntia* ssp. in the Mediterranean Basin. *J. Arid Environm.*, 73: 1058-1066.. التنوع والتوزيع المكاني في حوض البحر الأبيض المتوسط.

Escalante, M.A. 2013. Producción intensiva de grana cochinilla en Morelos, México. In L. Portillo & A.L. Vigueras, eds. *Conocimiento y aprovechamiento de la grana cochinilla*, pp. 155–162. First edition. Mexico, University of Guadalajara.كثافة إنتاج الحشرة القرمزية في موريلوس، المكسيك.

Esparza, J. 2014. *Valoración de atributos de calidad de la tuna (*Opuntia fícus–indica *(L.) en fresco y mínimamente procesada y determinación de segmentos de mercado en residentes de la comuna de la Florida, Región Met-ropolitana*. University of Chile (thesis). 75 pp.تقييم السمات النوعية لثمار صبار (Opuntia fícus –indica (L.) الطازج والمعالج عند أدنى حد وتحديد قطاعات السوق من سكان البلدية في ولاية فلوريدا، إقليم سانتياغو متروبوليتان

Esparza, G., Esparza, F.J., Macias, E. & Mendez, G. 2006. Effect of etephon on ripening of cactus pear fruits. *Acta Hortic.*, 728: 165–171.تأثير الإثيفون على نضج ثمار الصبار.

Faedda, R., Pane, A., Cacciola, S.O., Granata, G., Salafia, L. & Sinatra, F. 2015a. *Penicillium polonicum* causing a postharvest soft rot of cactus pear fruits. *Acta Hortic.*, 1067: 193–197.فطر بنسليوم بلينيكوم المتسبب في التعفن اللين فيما بعد الحصاد في ثمار الصبار.

Faedda, R., Granata, G., Pane, A., Cacciola, S.O., D'Aquino, S., Palma, A., Sanzan S.M. & Schena, L. 2015b. Postharvest fungal diseases of cactus pear fruits in southern Italy. *Acta Hortic.*, 1067: 193–197.الأمراض الفطرية التي تصيب ثمار الصبار بعد الحصاد في جنوب إيطاليا.

FAO. 2011. *Manual de biogás*. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, Santiago.دليل الغاز الحيوي.

Farias, I., Lira, M. de A., Santos, D.C. dos, Fernandes, A.P.M., Tavares Filho, J.J. & Santos, M.V.F. dos. 1989. Efeito de freqüência e intensidade de cortes em diferentes espaçamentos na cultura da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill), em consórcio com sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Pesqui. Agropecu. Pernambucana, Recife*, 6 [especial]: 169–183.تأثير التكرار وخفض كثافة المباعدة البينية المختلفة لاستنبات صبار (Opuntia ficus-indica, Mill)، في كونسورتيوم انتاج حبوب الذرة الرفيعة (Sorghum bicolor (L.) Moench)، البحوث الزراعية.

Farias, I., Lira, M. de A., Santos, D.C. dos, Tavares Filho, J.J., Santos, M.V.F. dos & Fernandes, A.P.M. 2000. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consórcio com sorgo granífero, no Agreste de Pernambuco. *Pesqui. Agropecu Bras.*, 35(2): 341–347. إدارة الحصاد والمباعدة بين تأثير التكرار وخفض كثافة المباعدة المختلفة عند زراعة صبار (Opuntia ficus-indica, Mill)، في كونسورتيوم انتاج حبوب الذرة الرفيعة (Sorghum bicolor (L.) Moench).

Farias, I., Santos, D.C. dos & Dubeux Jr, J.C.B. 2005. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In R.S.C. Menezes, D.A. Simões & E.V.S.B. Sampaio, eds. *A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso*, pp. 81–104. Recife, Brazil, Editoria Universitária da UFPE.تكيف وإدارة علف سيمويس D.A. & E.V.S.B. مينيزيس، R.S.C. الصبار. في سامبايو، إدس.

Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees*. New York, USA, John Wiley & Sons, Inc. فسيولوجيا (علم وظائف الأعضاء) أشجار الفاكهة في المنطقة المعتدلة.

Fehlberg, S.D., Allen, J.M. & Church, K. 2013. A novel method of genomic DNA extraction for Cactaceae. *Appl. Plant Sci.*, Mar. 1(3).طريقة جديدة لاستخراج الحمض النووي الجيني للصبار.

Felker, P. 1995. Forage and fodder production and utilization. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro–ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 144–154. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO. إنتاج العلف وعليق المواشي واستخدامه.

Felker, P. & Bunch, R.A. 2009. Mineral nutrition of cactus for forage and fruits. *Acta Hortic.*, 811: 389–394. التغذية المعدنية من الصبار كعلف للماشية وفاكهة.

Felker, P. & Guevara, J.C. 2001. An economic analysis of dryland fruit production of *Opuntia ficus-indica* in Santiago del Estero, Argentina. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 20–30. تحليل اقتصادي لإنتاج فاكهة الصبار "الهندي" في الأراضي الجافة - في مدينة سانتياغو ديل استيرو، الأرجنتين

Felker, P. & Inglese, P 2003. Short–term and long–term research needs for *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. utilization in arid areas. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 5: 131–151. متطلبات الدراسات قصيرة المدى وطويل المدى عن الإستفادة من صبار "الهندي" في المناطق القاحلة.

Felker, P. & Russel, C. 1988. Effects of herbicides and cultivation on the growth of *Opun-tia* in plantations. *J. Hortic. Sci.*, 63: 149–155. آثار مبيدات الأعشاب وأساليب الزراعة على نمو الصبير في المزارع

Felker, P., Rodriguez, S. del C., Casoliba, R.M., Filippini, R., Medina, D. & Zapata, R. 2005. Comparison of *Opuntia ficus-indica* cultivars of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. *J. Arid Environ.*, 60: 405–422. مقارنة بين أصناف الصبار "الهندي" من الأصل المكسيكي والأرجنتيني للحصول من حيث إنتاجية وجودة الفاكهة في الأرجنتين.

Felker, P., Paterson, A. & Jenderek, M.M. 2006. Forage potential of *Opuntia* clones maintained by the USDA, National Plant Germplasm System (NPGS) collection. *Crop Sci.*, 46: 2161–2168. إمكانات العلف من مستنسخات الصبار تجميع من USDA، المحفوظ لدى وزارة الزراعة الأميركية جمع (NPGS) النظام الوطني للمادة الوراثية النباتية

Felker, P., Bunch, R., Russo, G. & Tani, J.A. 2010. *Progreso en la identificación del agente causal de Engrosamiento del cladodio o macho. Rev. Salud Publica Nutr.*, [Edición Especial]: 5.

Fernández, M.M.R., Vázquez R., J. & Villalobos, J.A. 1990. Fertilización preliminar de nopal verdura en Milpa Alta, D.F. En Memorias del IV Reunión Nacional y II Congreso Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. SOMECH, A.C, INCA–Rural–CECCAM. Zacatecas, Mexico. 29 pp.

Fernández, M., Lin, E.C.K., Trejo, A. & McNa-mara, D.J. 1994. Prickly pear (*Opuntia* sp.) pectin alters hepatic cholesterol metabolism without affecting cholesterol absorption in Guinea pigs fed a hypercholesterolemic diet. *J. Nutr.*, 124: 817–824. يغير/ يحسن بكتين صبار (Opuntia sp.) من استقلاب الكوليسترول الكبدي دون التأثير على امتصاص الكولسترول في خنازير غينيا التي تغذت على نظام غذائي عالي الكوليسترول.

Fernández López, J., Almela, L, Obón, J.M. & Castellar, R. 2010. Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 65: 253–259. تحديد المكونات المضادة للأكسدة في فاكهة الصبار.

Fester, G.A. 1941. Colorantes de insectos. *An. Soc. Cient. Argent.*, 131: 100–103.

Fester, G.A. & Lexow, S. 1943. Colorantes de insectos (2ª comunicación). *An. Soc. Cient. Argent.*, 135: 89–96.

Feugang, J.M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F.C. & Zou, C. 2006. Nutritional and medicinal use of cactus (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Front. Biosci.*, 11: 2574–2589. الاستخدامات التغذوية والطبية للسيقان الورقية وفاكهة الصبار (Opuntia spp.).

Feugang, J.M., Ye, F., Zhang, D.Y., Yu, Y., Zhong, M., Zhang, S. & Zou, C. 2010. Cactus pear extracts induce reactive oxygen species production and apoptosis in ovarian cancer cells. *Nutr. Cancer*, 62: 692–699. مستخلصات الصبار تحفز إنتاج أنواع الاكسجين التفاعلية والموت الخلوي المبرمج لخلايا سرطان المبيض.

FIA (Foundation for Agrarian Innovation). 2010. *Estudio de la cadena productiva de la tuna.* Study commissioned to the University of Chile by FAI, Ministry of Agriculture Chile. 165 pp.

Fierro A., A., González L., M.M., Rodríguez A., F., Olivares O., J., Zavaleta B., P., Montiel S., D., Martínez P., M.A. & Soto O., D.M. 2003. Evapotranspiración del nopal verdura (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) var. Milpa Alta, en el sur del D.F. En Memoria del IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Zacatecas, pp. 180–182.

Figueiredo, E. & Smith, G.F. 2008. *Plants of Angola.* Strelitzia 22. Pretoria, SANBI. 279 pp.. نباتات أنجولا.

El Finti, A., Belayadi, M., Boullania, R.E., Msanda, F., Serghini, M.A. & Mousadik, A.E. 2013. Genetic structure of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) in Moroccan collection. *Asian J. Plant Sci.*, 12: 145–148. التركيب الجيني لصبار (Opuntia ficus-indica) في مجموعة مغربية.

Flores, A. 1992. Producción de vino y aguardiente de tuna, alternativa en el aprovechamiento del nopal. *Cienc. Desarrollo*, 17: 56–68.

Flores, V.I. 1995. Crianza de la cochinilla en Sudamérica. En Memorias del Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 6º Congreso Nacional y 4º Internacional. Universidad de Guadalajara, Jalisco, Mexico, pp. 48–55.

Flores B., S. 2013. *Fertilización y frecuencia de riego en la producción de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica *L.) en túnel de plástico*. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad, Fruticultura. Montecillo, Texcoco, Edo. de México (MSc thesis). 66 pp (available at http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2007/1/Flores_Barrera_S_MC_Fruticultura_2013.pdf).

Flores Flores, V. & Tekelenburg, A. 1995. Dacti (*Dactylopius coccus* Costa) dye production. In G. Barbera, . Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro–ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 167–185. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO. إنتاج صبغة الحشرة القرمزية Costa (Dacti).

Flores Flores, R., Velazquez del Valle, M.G., Leòn Rodriguez, R., Flores Moctezuma, H.E. & Hernández Lauzardo, A.N. 2013. Identification of fungal species associated with cladode spot of prickly pear and their sensitivity to chitosan. *J. Phytopathol.*, 161: 544–552.. تحديد الأنواع الفطرية المقترنة ببقعة على الساق الورقية للصبار الشوكي وحساسيتها للكيتوزان.

Flores Hernández, A., Orona C., I., Martínez M., J.M., Rivera G., M. & Hernández M., J.G. 2004. Productividad del nopal para verdura (***Opuntia*** spp) bajo riego por goteo subterráneo en la Comarca Lagunera. *Rev. Chapingo Ser. Zonas Aridas*, 3: 99–104.

Flores Hernandez, A., Murillo Amador, B., Rueda Puente, E., Salazar Torres, J., Garcia Hernandez, J.L. & Troyo Dieguez, E. 2006. Reproduccion de cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae). *Rev. Mex. Biodivers.*, 77: 97–102.

Flores Valdez, C.A. 1995. *Nopalitos* production, processing and marketing. *In* G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro–ecology, cultivation and uses of cactus pear*, pp. 92–99. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO. إنتاج وتجهيز وتسويق صبار النوبال.

Flores Valdez, C.A. 2003. Produccion y commercializacion de la tuna. In J. Corrales Garcia & C.A. Flores Valdez, eds. *Nopalitos y tuna produccion, commercializacion postcosecha e industrializacion*, pp. 57–58.

Fontaine, C., Guimarães, P.R., Jr, Kéfi, S., Loeuille, N., Memmott, J., van der Putten, W.H., van Veen F.J.F. & Thébault, E. 2011. The ecological and evolutionary implications of merging different types of networks. *Ecol. Lett.*, 14: 1170–1181. الآثار البيئية والتطورية لدمج أنواع مختلفة من الشبكات

Foxcroft, L.C. & Hoffmann, J.H. 2000. Dispersal of ***Dactylopius opuntiae*** Cockerell (Homoptera: Dactylopiidae), a biological control agent of ***Opuntia stricta*** (Haworth.) Haworth. (Cactaceae) in the Kruger National Park. ***Koedoe***, 43(2): 1–5. انتشار الحشرة الحرشفية القرمزية (متشابهات الأجنحة Homoptera: الحشرة القرمزية Dactylopiidae)، عامل المكافحة البيولوجية للصبار الأورجواني (Haworth)

Franck, N. 2006. Alternativas para la producción de bioenergía en las zonas áridas y semiáridas de Chile. In E. Acevedo, ed. *Agroenergía, un desafío para Chile*, pp.137–148. Serie Ciencias Agronómicas No. 11. Santiago, Chile, University of Chile. 176 pp.

Franck, N. 2010. *Perspectivas de la tecnificación del cultivo de la tuna*. Instituto de investigaciones agropecuarias, centro de investigación especializado en agricultura del desierto y altiplano, INIA Ururi, Región de Arica y Parinacota. Ministerio de Agricultura de Chile. Informativo 21, Mayo.

Franco, A. & Ponte, J.J. 1980. A podridão polaciana da palma forrageira. *Fitopatol. Bras.*, 5: 277–282.

Frati Munari, A.C., Xilotl Diaz, N., Altamirano, P., Ariza, R. & Lopez Ledesma, R. 1991. The effect of two sequential doses of *Opuntia streptacantha* upon glycemia. *Arch. Invest. Med. Mexico*, 22: 333–336. تأثير تناول جرعتين متتابعتين من صبار (Opuntia streptacantha) على سكر الدم.

Frati Munari, A.C., Vera Lastra, O. & Ariza Andraca, C.R. 1992. Evaluation of nopal capsules in diabetes mellitus. *Gac. Med. Mex.*, 128: 431–436. تقييم كبسولات الصبار في مرض السكري.

Frati Munari, A.C., Fernández Harp, J.A., de la Riva, H., Ariza Andraca, R. & del Carmeritorres, M. 2004. Effect of nopal (*Opuntia* sp.) on serum lipids, glycaemia and body weight. *Am. J. Clin. Nutr.*, 80: 668–673. تأثير صبار (Opuntia sp.) على نسبة الدهون في الدم، ونسبة السكر في الدم ووزن الجسم.

Freeman, T.P. 1969. The developmental anato-my of *Opuntia basilaris*. I. Embryo, root, and transition zone. *Am. J. Bot.*, 56: 1067–1074. التشريح النماني للصبار الشوكي القاعدي - الجزء الأول. الجنين، الجذر، والمنطقة الانتقالية.

Freeman, T. 1970. The developmental anatomy of *Opuntia basilaris*. II. Apical meristem, leaves, areoles, glochids. *Am. J. Bot.*, 57(6): 616–622. التشريح النماني للصبار الشوكي القاعدي – الجزء الثاني. النسيج النباتي القمي،و الأوراق، والأنسجة الهالية، والشويكات/ الشعيرات.

Fucikovsky Zak, L., Yáñez Morales, M. de Jesús, Alanis Martínez, I. & González Pérez, E. 2011. New hosts of 16SrI phyto-plasma group associated with edible *Opuntia ficus-indica* crop and its pests in Mexico. *Afr. J. Microbiol. Res.*, 5: 910–918. مضيفات/ عوائل جديدة من الفئة الفيتوبلازما 16 SrI المصاحبة لمحصول الصبار الصالح للأكل وآفاته في المكسيك.

Galati, E.M., Monforte, M.T., Tripodo, M.M., d'Aquino, A. & Mondello, M.R. 2001. Antiulcer activity of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaeceae): ultrastructural study. *J. Ethnopharmacol.*, 76: 1–9 دراسة : تأثير صبار المضاد للقرح تركيبية مستدقة.

Galati, E.M., Pergolizzi, S., Miceli, N., Monforte, M.T. & Tripodo M.M. 2002. Study on the increment of the production of gastric mu-cus in rats treated with *Opuntia ficus-indica* (L.)Mill. cladodes. *J. Ethnopharmacol.*, 83: 229–233 دراسة عن زيادة إنتاج مخاط المعدة في الفئران المعالجة بالسيقان الورقية للصبار.

Galati, E.M., Mondello, M.R., Giuffrida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S. & Taviano, M.F. 2003a. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fruit juice: Antioxidant and antiulcerogenic activity. *J. Agric. Food Chem.*, 51: 4903–4908. التوصيف الكيميائي والآثار البيولوجية لعصير فاكهة صبار التين الصقلي: التأثير المضاد للأكسدة والمضاد للتقرح.

Galati, E.M., Tripodo, M.M., Trovato, A., d'Aquino, A. & Monforte, M.T. 2003b. Biological activity of *Opuntia ficus-indica* cladodes II: Effect on experimental hypercholesterolemia in rats. *Pharm. Biol.*, 41: 175–179. التأثير البيولوجي للسيقان الورقية لصبار – الجزء الثاني:. التأثير التجريبي على ارتفاع الكولسترول في الفئران

Galati, E.M., Mondello, M.R. Lauriano, E.R. Taviano, M.F. Galluzzo, M. & Miceli, N. 2005. *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Fruit juice protects liver from carbon tetrachloride induced injury. *Phytother. Res.*, 19: 796–800.. صبار Opuntia ficus-indica (L.) Mill. عصير الفواكه يحمي الكبد من الأضرار الناجمة عن رابع كلوريد.

Gallegos Vázquez, C. & Mondragón Jacobo, C. 2009. An update on the evolution of the cactus pear industry in Mexico. *Acta Hortic.*, 811: 69–76. تحديث عن تطور صناعة الصبار في المكسيك.

Gallegos Vázquez, C. & Mondragón Jacobo, C. 2011. *Cultivares selectos de tuna, de México al Mundo*. Chapingo, Mexico, Autonomous University of Chapingo, SNICS–SAGARPA. 159 pp.

Gallegos Vázquez, C., Cervantes Herrera, J. & Barrientos Priego, A.F. 2005. *Manual gráfico para la descripción varietal del nopal tunero y xoconostle (*Opuntia *spp.)*. Chapingo, Mexico, Autonomous University of Chapingo, SNICS–SAGARPA. 116 pp.

Gallegos Vazques, C., Cervantes Herrera, J., Reyes Aguero, J.A., Fernandez Montes, R., Mondragón Jacobo, C., Luna, J.V., Martinez Gonzalez, J.C. & Rodriguez, S. 2006. Inventory of the main commercial cactus pear (*Opuntia* spp.) cultivars in Mexico. *Acta Hortic.*, 728: 17–28. (Opuntia spp.)

Gallegos Vazques, C., Mondragón Jacobo, C. & Reyes Aguero, J.A. 2009. An update on the evolution of the cactus pear industry in Mexico. *Acta Hortic.*, 811: 69–76.

Gallegos Vazquez, C., Mendez Gallegos, S. de J. & Mondragón Jacobo, C. 2013. *Produccion sustentable de la tuna en San Luis Potosí*. San Luis Potosí, Mexico, Colegio de Postgraduados–Fundacion San Luis Potosí Produce.

Galizzi, F.A., Felker, P., Gonzalez, C. & Gardiner, D. 2004. Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus-indica* in a traditional farm setting in Argentina. *J. Arid Environ.*, 59: 115–132. (Opuntia ficus-indica)

Gandía Herrero, F., Jiménez Atienzar, M., Cabanes, J., García Carmona, F. & Escribano, J. 2010. Stabilization of the bioactive pigment of *Opuntia* fruits through maltodextrin encapsulation. *J. Agric. Food Chem.*, 58: 10646–10652.

Ganopoulos, I., Kalivas, A., Kavroulakis, N., Xanthopoulou, A., Mastrogianni, A., Koubouris, G. & Madesis, P. 2015. Genetic diversity of barbary fig (*Opuntia ficus-indica*) collection in Greece with ISSR molecular markers. *Plant Gene*, 2: 29–33. SSR

García, J., Hernández, I., Tarango, L., Torres, M., Becerra, J., Pastor, F., Martínez, O., Valverde, A., García, J., Espinoza, A., Cedillo, I., Amente, A., Rössel, D. & Tiscareño, A. 2003 *Programa Estratégico de Necesidades de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Estado de San Luis Potosí Etapa II Caracterización de la cadena agroalimentaria del nopal tunero e identificación de sus demandas tecnológicas*. San Luis Potosí, Mexico, Colegio de postgraduados Campus San Luis Potosí Fundación Produce.

García de Cortázar, V. & Nobel, P.S. 1990. Worldwide productivity indices and yield predictions for a CAM plant, *Opuntia ficus-indica*, including effects of doubled CO_2 levels. *Agric. For. Meteorol.*, 49: 261–279.. CAM CO_2.

García de Cortázar, V. & Nobel, P.S. 1991. Prediction and measurement of high annual productivity for ***Opuntia ficus-indica***. *Agric. For. Meteorol.*, 56: 261–272. Opuntia ficus-indica.

García de Cortázar, V. & Nobel, P.S. 1992. Biomass and fruit production for the prickly pear cactus, *Opuntia ficus-indica. J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 117: 558–562. Opuntia ficus-indica.

García de Cortázar, V. & Varnero, M.T. 1995. Energy production. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro–ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 186–191. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO.

García Gil, F., Lanz Mendoza, H. & Hernández Hernández, F.C. 2007. Free radical generation during the activation of hemolymph prepared from the homopteran *Dactylopius coccus. Arch. Insect Biochem. Physiol.*, 65: 20–28.

García Moya, E., Romero Manzanares, A. & Nobel, P.S. 2010. Highlights for*Agave* productivity. *GCB Bioenergy*, 3: 4–14.

Garcia Zambrano, E.A., Salinas, G., Vazquez, R., Cardenas, E. & Gutierrez A. 2006. Clasificacion y estimacion de la diversidad genetica de Nopal *Opuntia* spp. en base a descriptores fenotipicos y marcadores genetico moleculares. *Phyton*, 75: 125–135.

Garcıa Zambrano, E.A., Zavala Garcıa, F., Gutierrez Diez, A., Ojeda Zacarıas, M.C. & Cerda Hurtado, I. 2009. Estimation of the genetic diversity of *Opuntia* spp. using molecular markers AFLP. *Phyton*, 78: 117–120. (AFLP)

Gareca, E. 1993. *Experiencias del PERTT en tuna–cochinilla*. En Memorias del III Seminario Regional de Tuna y Cochinilla. Tarija, Bolivia, pp. 36–37.

Gathaara, G.N., Felker, P. & Land, M. 1989. Influence of nitrogen and phosphorus on *Opuntia engelmanni* tissue N and P concentrations, biomass production and fruit yields. *J. Arid Environ.*, 16: 337–346. N P

Gebremariam, T., Melaku, S. & Alemu Yami, A. 2006. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (Eragrostis tef) straw–based feeding of sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 131: 41–52. (Opuntia ficus-indica) (Eragrostis tef)

Gersani, M., Graham, A.E. & Nobel, P.S. 1993. Growth responses of individual roots of ***Opuntia ficus-indica*** to salinity. *Plant, Cell Env.*, 16: 827–834. (Opuntia ficus-indica)

Gharby, S. Harhar, H., Charrouf, Z., Bouzobaa, Z., Boujghagh, M. & Zine, S. 2015. Physicochemical composition and oxidative stability of *Opuntia ficus-indica* seed oil from Morocco. *Acta Hortic.*, 1067: 83–88. (Opuntia ficus-indica)

El Gharras, H., Hasib, A., Jaouad, A. & El Bouadili, A. 2006. Caracterización química y física de tres variedades de higos chumbos amarillas de Marruecos (*Opuntia ficus-indica*) en tres etapas de madurez. *Cienc. Tecnol. Aliment.*, 5(2): 93–99

Ghazi, Z., Ramdani, M., Fauconnier, M.L., El Mahi, B. & Cheikh, R. 2013. Fatty acids sterols and vitamin E composition of seed oil of *Opuntia ficus-indica* and *Opuntia Dillenii* from Morocco. *J. Mater. Environ. Sci.*, 4(6): 967–972.. E (Opuntia ficus-indica)

Gibson, A.C. 1976. Vascular organization in shoots of Cactaceae. 1. Development and morphology of primary vasculature in Pereskioideae and Opuntioideae. *Am. J. Bot.*, 63: 414–426.. 1.

Gibson, A.C. 1977. Wood anatomy of opuntias with cylindrical to globular stems*Bot. Gaz.*, 138: 334–351..

Gibson, A.C. 1978a. Structure of *Pterocactus tuberosus*, a cactus geophyte.*Cact. Succ. J.*, 50: 41–43.

Gibson, A.C. 1978b. Wood anatomy of platyopuntias. *Aliso*, 9: 279–307.

Gibson, A.C. & Horak, K.E. 1978. Systematic anatomy and phylogeny of Mexican columnar cacti. *Ann. Mo. Bot. Gard.*, 65: 999–1057.

Gibson, A.C. & Nobel, P.S. 1986. *The cactus primer*. Cambridge, MA, USA, Harvard University Press.

Gil, S.G. & Espinoza, R.A. 1980. Fruit development in the prickly pear with pre–anthesis application of gibberellin and auxin. *Cienc. Invest. Agrar.*, 7(2): 141–147.

Gilson, A. 1999. A prickly passion. *SA Country Life*, 90–92.

Githure, C.W., Zimmermann, H.G. & Hoffmann, J.H. 1999. Host specificity of biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae): prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Haworth) Haworth (Cactaceae) in Africa. *Afr. Entomol.*, 7(1): 43–48. Hemiptera: Dactylopiidae)

Gittens, C. 1993. Prickly pears can be a thorny problem. *Farmers Weekly*, 5 Feb.: 30–31.

Given, D.R. 1994. *Principles and practice of plant conservation*. Portland, OR, USA, Timber Press.

Goidanich, G. 1964. *Manuale di patologia vegetale*. Vol. II. Bologna, Italy, Edizioni Agricole.

Goldstein, G., Andrade, J.L. & Nobel, P.S. 1991. Differences in water relations parameters for the chlorenchyma and parenchyma of *Opuntia ficus-indica* u nder w et v ersus dry conditions. *Aust. J. Plant Physiol.*, 18: 95–107. Opuntia ficus-indica

Gómez, H. 2013. *Estabilidad de betalaínas en una bebida refrescante adicionada de microparticulas de pulpa de tuna púrpura, extracto ultrafiltrado y nanofiltrado*. Santiago, Faculty of Agronomic Sciences, University of Chile (Masters thesis).

Gomez Casanovas, N., Blanc Betes, E., Gonzalez Meler, M.A. & Azcon Bieto, J. 2007. Changes in respiratory mitochondrial machinery and cytochrome and alternative pathway activities in response to energy demand underlie the acclimation of respiration to elevated CO_2 in the invasive *Opuntia ficus-indica*. *Plant Physiol.*, 145(1): 49–61.

Gonzalez, C.L. 1989. Potential of fertilization to improve nutritive value of prickly pear cactus (*Opuntia lindheimerii* Engelm.). *J. Arid Environ.*, 16: 87–94. (Opuntia lindheimeri Engelm.).

González, E.A., García, E.M. & Nazareno, M.A. 2009. Free radical scavening capacity and antioxidant activity of cochineal (*Dactylopius coccus* C.) extracts. *Food Chem.*, 119: 358–362. (Dactylopius coccus C.).

Gorini, F., Testoni, A., Cazzola, R., Lovati, F., Bianco, M.G., Chessa, I., Schirra, M., Budroni, M. & Barbera, G. 1993. Aspetti tecnologici: Conservazione e qualitàdi fico d'India e avocado. *Inf. Agrar.*, 44: 89–92.

Granata, G. 1995. Biotic and abiotic diseases. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro–ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 109–119. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO. الأمراض الحيوية وغير الحيوية.

Granata, G. & Sidoti, A. 1997. Appearance of Alternaria golden spot on cactus pear in Italy. *Acta Hortic.*, 438: 129–130. ظهور بقعة النوباء / الرديئة الذهبية على الصبار في إيطاليا.

Granata, G. & Sidoti, A. 2002. Survey of diseases discovered on *Opuntia ficus-indica* in producer countries. *Acta Hortic.*, 581: 231–237. دراسة استقصائية عن الأمراض المكتشفة في صبار Opuntia ficus-indica في البلدان المنتجة.

Granata, G. & Varvaro, L. 1990. Bacterial spots and necrosis caused by yeasts on prickly pear cactus in Sicily. In Proceedings of the 8th Congress of the Mediterranean Phytopathology Union, 28 October – 3 November, Agadir, Morocco, pp. 467–468. البقع البكتيرية والنخر الناجم عن الخمائر على الصبار في صقلية.

Granata, G., Paltrinieri, S., Botti, S. & Bertaccini, A. 2006. Aetiology of *Opuntia ficus-indica* malformations and stunting disease. *Ann. Appl. Biol.*, 149: 317–325. مسببات تشوهات الصبار وأمراض إعاقة النمو.

Grant, V. & Grant, K.A. 1982. Natural pentaploids in the *Opuntia linheimeri–phaeacantha* group in Texas. *Bot. Gaz.*, 143: 117–120. خماسيات الصيغة الصبغية الصبيعية في مجموعة صبار (lindheimeri–phaeacantha) في ولاية تكساس.

Griffith, M.P. 2003. Using molecular data to elucidate reticulate evolution in *Opuntia* (Cactaceae). *Madroño*, 50: 162–169. استخدام البيانات الجزيئية لتوضيح تطور شبكي في الصبار.

Griffith, M.P. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae): new molecular evidence. *Am. J. Bot.*, 91(11): 1915–1921. أصول محصول صبار ذو أهمية، صبار Opuntia ficus-indica: أدلة جزيئية جديدة.

Griffith, M.P. & Porter, M. 2003. Back to the basics: A simple method of DNA extraction for mucilaginous cacti. *Bradleya*, 21: 126–128. العودة إلى الأساسيات: طريقة بسيطة لاستخراج الحمض النووي لمخاط/ صمغ الصبار.

Griffith, M.P. & Porter, M. 2009. Phylogeny of Opuntioideae (Cactaceae). *Int. J. Plant Sci.* 170(1): 107–116. تاريخ تطور سلالات الصبيراوات.

Griffiths, D. 1908. Illustrated studies in the genus *Opuntia* I. Rep. *Ann. Mo. Bot. Gard.*, 19: 259–272. . – دراسات توضيحية عن نوع الصبيراوات الجزء الأول.

Griffiths, D. 1909. *The "spineless" prickly pears*. USDA Bulletin No.140. Washington, DC, Gov-ernment Printing Office. 22 pp. الصبار عديم الأشواك

Griffiths, D. 1912. The thornless prickly pears. *Farmers' Bull. USDA*, 483: 1–20. ، الصبار عديم الأشواك.

Griffiths, D. 1914. Reversion in prickly pears. *J. Heredity*, 5: 222–225. الارتداد في ثمرة الصبار

Griffiths, D. 1915. *Yields of native prickly pear in Southern Texas*. USDA Bulletin No. 208. Washington, DC, Government Printing Office. 11 pp. محصول المحلي في جنوب تكساس.

Griffiths, D. 1933. *Les cactus fourrage pour le bétail*. Bulletin de la Direction Générale de l´Agriculture du Commerce et de la Colonisatión de Tunisie, pp. 313–338. نبات الصبار كعلف للماشية

Griffiths, H., Cousins, A.B., Badger, M.R. & von Caemmerer, S. 2007. Discrimination in the dark: resolving the interplay between metabolic and physical constraints to phosphoenolpyruvate carboxylase activity during the crassulacean acid metabolism cycle. *Plant Physiol.*, 143: 1055–1057. حل التمييز في الظلام: التفاعل بين معوقات الأيضية و الفيزيائية لنشاط كربوكسي كيناز الفسفوإينول بيروفات خلال دورة أيض حامض المخلدات.

Grobler, M. 2005. *Control of unwanted plants*. 1st edition. XACT Information Publication. التحكم في النباتات غير المرغوب فيها. الطبعة الأولى

Groenewald, A. 1996. Ekstra oes turksvye–in winter. *Landbouweekblad*, 6 Dec.: 34–37. حصاد الصبار الإضافي - في فصل الشتاء..

Grunert, K.G., Larsen, H., Madsen, T.K. & Baadsgaard, A. 1996. *Market orientation in food and agriculture*. Boston, USA, Kluwer. التوجه السوقي في الأغذية والزراعة.

Guevara Figueroa, T., Jiménez Islas, H., Reyes Escogido, M., Mortensen, A., Laursen, B.B., Lin, L.W., De León Rodríguez, A., Fomsgaard, I.S. & Barba de la Rosa, A.P. 2010. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). *J. Food Compos. Anal.*, 23: 525–532. المركب التقريبي، والأحماض الفينولية، وتوصيف مركبات الفلافونويد للصبار التجاري والبري (Opuntia spp).

Gugliuzza, G., Inglese, P. & Farina, V. 2002a. Relationship between fruit thinning an irrigation on determining fruit quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits. *Acta Hortic.*, 581: 205–210. العلاقة بين ترقيق الفاكهة والري عند تحديد نوعية ثمار صبار (Opuntia ficus-indica).

Gugliuzza, G., La Mantia, T. & Inglese, P. 2002b. Fruit load and cladode nutrient concentrations in cactus pear. *Acta Hortic.*, 581: 221–224. حمل الثمار وتركيزات المغذيات الساق الورقية في الصبار.

Gutiérrez, L.H. 1992. *Plagas y enfermedades del nopal en México*. Mexico, Autonomous University of Chapingo.

Guttermann, Y. 1995. Environmental factors affecting flowering and fruit development of *Opuntia ficus-indica* cuttings during the three weeks before planting. *Isr. J. Plant Sci.*, 43: 151–157. العوامل البيئية التي تؤثر على إزهار ونمو فسائل Opuntia ficus-indica فاكهة صبار خلال الأسابيع الثلاثة قبل الزراعة.

Habibi, Y., Mahrouz, M. & Vignon, M.R. 2002. Isolation and structure of D–xylans from pericarp seeds of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydr. Res.*, 337: 1593–1598. بذور الغلاف الثمري لفاكهة صبار Opuntia ficus-indica.

Habibi, Y., Heyraud, A., Mahrouz, M. & Vignon, M.R. 2004. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. *Carbohydr. Res.*, 339: 1119–1127. السمات الهيكلية للسكريدات المتعددة البكتينية لقشر فاكهة صبار Opuntia ficus-indica.

Hahm, S.W., Park, J. & Son, Y.S. 2010. *Opuntia humifusa* partitioned extracts inhibit the growth of U87MG human glioblastoma cells. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 65: 247–252. مستخلصات الصبار المنسطح المجتزأة تمنع نمو خلايا الورم الأرومي الدبقي U87MG في الإنسان.

Haile, M. & Belay, T. 2002. Current and potential use of cactus in Tigray, Northern Ethiopia. *Acta Hortic.*, 581: 75–86. الاستخدام الحالي والمحتمل للصبار في تيغراي، شمال إثيوبيا.

Haile, M., Belay, T. & Zimmermann, H.G. 2002. Current and potential use of cactus in Tigray, Northern Ethiopia. In A. Nefzaoui & P. Inglese, eds. Proceedings of the 4th International Congress on Cactus Pear and Cochineal. *Acta Hortic.*, 581: 75–86. الاستخدام الحالي والمحتمل للصبار في تيغراي، شمال إثيوبيا.

Hamilton, M.W. 1970. The comparative morphology of three cylindropuntias. *Am. J. Bot.*, 57: 1255–1263. التشكل/ المورفولوجيا المقارن لثلاث من الأوبونسيا الأسطوانية.

Hammami, S.B.M., Aounallah, M.K., Sahli, A., Jebari, A. & Bettaieb, T. 2015. Modification of fruit growth and development of prickly pear according to the date of the second floral bud bloom. *Acta Hortic.*, 1067: 27–30. تغيير نمو وتطور فاكهة الصبار وفقا لتاريخ إزهار البرعم الزهري الثاني.

Han, H. & Felker, P. 1997. Field validation of water–use efficiency of the CAM plant Opuntia ellisiana in south Texas. *J. Arid Environ.*, 36 : 133–148. صلاحية كفاءة استخدام مياه الحقل لنباتات الأيض الحمضي الكراسوليسياني CAM في جنوب تكساس.

Harlev, E., Nevo, E., Mirsky, N. & Ofir, R. 2013. Cancer preventive and curative attributes of plants of the cactaceae family: A review. *Planta Med.*, 79: 713–722. الخصائص الوقائية والعلاجية من مرض السرطان للنباتات من فصيلة الصباريات: دراسة استعراضية

Haulik, T. 1988. Vrugteverbouing vir somerreenstreke 13: turksvy as eetvrug maar nou eers ontgin. *Landbouweekblad*, 10 Jun.: 48–51.

Hayashi, H. 1989. Drying technologies of foods – their history and futue. *Drying Technol.*, 7: 315–369. تقنيات تجفيف الأطعمة - تاريخها ومستقبلها..

Heath, R.R., Teal, P.E.A., Epsky, N.D., Dueben, B.D., Hight, S.D., Bloem, S., Carpenter, J.E., Weissling, T.J., Kendra, P.E., Cibrian Tovar, J. & Bloem, K.A. 2006. Pheromone–based attractant for males of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Environ. Entomol.*, 35: 1469–1476. الارتكاز على الفرمونات الجاذبة للذكور من حشرات الكاكتوبلاستيس كاكتوروم (حرشفيات الأجنحة Lepidoptera: ناريات Pyralidae).

Hegwood, D.A. 1990. Human health discover-ies with ***Opuntia*** sp. (prickly pear) indica (L.) Mill. cladodes in the wound –healing process. *J. Hortic. Sci.*, 25: 1315–1316. الاكتشافات في مجال صحة الإنسان مع السيقان الورقية للصبار في عملية التئام الجروح.

Helsen, P., Verdyck, P., Tye A. & Van Dongen, S. 2009. Low levels of genetic differentiation between *Opuntia echios* varieties on Santa Cruz (Galapagos). *Plant Syst Evol.*, 279: 1–10. المستويات المنخفضة من التمايز الجيني بين أصناف أشجار الصبار (Opuntia echios) في سانتا كروز (غالاباغوس)).

Herbach, K.M., Stintzing, F.C. & Carle, R. 2006. Betalain stability and degradation – structural and chromatic aspects. *J. Food Sci.*, 71: R41–R50. استقرار و تدهور البيتالين - الجوانب الهيكلية واللونية/ الكروماتينية.

Hernández Pérez, R., Noa Carrazana, J.C., Gaspar, R., Mata, P. & Flores Estévez, N. 2009a. Detection of phytoplasma on Indian Fig (*Opuntia ficus-indica* Mill) in Mexico Central Region. *OnLine J. Biol. Sci.*, 9: 62–66. إكتشاف الفيتوبلازما في صبار (Opuntia ficus-indica Mill)، في منطقة المكسيك الوسطى.

Hernández Perez, T., Mejía Centeno, J., Cruz Hernández, A. & Paredes López, O. 2009b. Biochemical and nutritional characterization of three prickly pear species with different ripening behaviour and nutraceutical value of *nopalitos*. *Acta Hortic.*, 841: 515–518. التوصيف البيوكيمياني والغذائي لثلاثة أنواع من صبار التين الشوكي ذوات سلوك نضج مختلف وقيمة المغذيات الدوائية لـ nopalitos.

Hester, S.M. & Cacho, O. 2003. Modelling apple orchard systems. *Agric. Syst.*, 77: 137–154. نمذجة أنظمة بستان التفاح.

Hfaiedh, N., Salah Allagui, M., Hfaiedh, M., El Feki, A., Zourgui, L. & Croute, F. 2008. Protective effect of cactus (*Opuntia ficus-indica*) cladode extract upon nickel–induced toxicity in rats. *Food Chem. Toxicol.*, 46: 3759–3763. التأثير الوقائي لمستخلص السيقان الورقية للصبار (Opuntia ficus-indica) على السمية التي يسببها النيكل في الفئران.

Hilbert, J. 2009. *Manual para la producción de biogás*. Instituto de Ingeniería Rural.

Hoffmann, W. 1995. Ethnobotany. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro–ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 12–19. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO، الإيكولوجيا الزراعية، زراعة واستخدامات الصبار .

Hoffmann, J.H., Impson, F.A.C. & Volchansky, C.R. 2002. Biological control of cactus weeds: Implications of hybridization between control agent biotypes. *J. Appl. Ecol.*, 39: 900–908. المكافحة البيولوجية لأعشاب الصبار: الآثار المترتبة على التهجين بين الأنماط الحيوية لعوامل المكافحة

Hogan, C. 2015. *Cactus* (available at http://www.eoearth.org/view/article/162162).. الصبار

Hokkanen, H.M.T. & Pimentel, D. 1989. New association in biological control: theory and practice. *Can. Entomol.*, 121: 829–840. رابطة جديدة للمكافحة البيولوجية: النظرية والتطبيق.

Homrani Bakali, A. 2013. Impact of irrigation frequencies on the installation and the production of two forms of *Opuntia ficus-indica*. *Acta Hortic.*, 995: 145–156. تأثير تكرارات الري على تأسيس وإنتاج نوعين من صبار Opuntia ficus-indica.

Horst, R.K. 2013. *Westcott's plant disease handbook*. Netherlands, Springer. دليل ويستكوت لأمراض النبات.

Hosking, J.R. 2012. Opuntia *spp*. In N. Julien, R. McFadyen & J. Cullen, eds *Biological control of weeds in Australia*, pp. 431–436. Melbourne, Australia, CSIRO Publishing. . صبار Opuntia spp..

Hosking, J.R., McFadyen, R.E. & Murray, N.D. 1988. Distribution and biological control of cactus species in eastern Australia. *Plant Prot. Q.*, 3: 115–123.التصنيف والمكافحة البيولوجية لأنواع الصبار في شرق أستراليا

Huffpost Algeria. 2015. *La figue de Barbarie, un fruit venu d'ailleurs devenu produit du terroir en Algérie* (available at http://www.huffpostmaghreb.com/2015/08/04/n_7932698.html).

Humair, F., Humair, L., Kuhn, F. & Keuffer, C. 2015. E–commerce trade in invasive plants. *Conserv. Biol.*, 10.التجارة الإلكترونية في النباتات الزاحفة/ المغيرة

Hunt, D. 2006. *The new cactus lexicon*. Milborne Port, UK, DH books.معجم/ قاموس الصبار الجديد

Hunt, D. & Taylor, N.P. 1986. The genera of the Cactaceae: towards a new consensus. *Bradleya*, 4: 65–78.أنواع الصباريات: نحو توافق جديد في الآراء

Indexmundi. 2015. *Precios de mercado* (available at http://www.indexmundi.com/es/precios–de–mercado/?mercancia=urea&me-ses=129). Accessed 10 November 2015.أسعار السوق

INEGI (National Institute of Statistics and Geography). 2010. *Censo de población y vivienda 2010* (available at http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/accesomicrodatos/cpv2010). Accessed 18 September 2015.

Inglese, P. 1995, Orchard planting management. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro–ecology cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 78–91. Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO.إدارة زراعة البساتين

Inglese, P. 2010. Cactus pear, *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) for fruit production: An overview. *Cactusnet Newsletter*, 12: 82–92.. صبار Opuntia ficus-indica نظرة عامة: لإنتاج الفاكهة

Inglese, P. & Barbera, G. 1993. Cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.) intensive production in Italy: an overview. In Proceedings of 4th Annual Texas Prickly Pear Council, 13–14 August, Kingsville, Texas, USA, pp. 13–23.الإنتاج المكثف لصبار Opuntia ficus-indica في إيطاليا: لمحة عامة

Inglese, P., Barbera, G. & Carimi, F. 1994a. The effect of different amount of clados removal on reflowering o f c actus p ear (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller). *J. Hortic. Sci.*, 69: 61–65.تأثير إزالة كمية مختلفة من السيقان الورقية على إعادة إزهار صبار (Opuntia ficus-indica (L) Miller).

Inglese, P., Israel, A.I. & Nobel, P.S. 1994b. Growth and CO_2 uptake for cladodes and fruit of the Crassulacean acid metabolism species *Opuntia ficus-indica* during fruit development. *Physiol. Plant.*, 91: 708–714.النمو للسيقان الورقية و CO2 وامتصاص ثاني أكسيد الكربون وأصناف فاكهة الأيض الحمضي الكراسوليسياني للصبار خلال نمو الفاكهة

Inglese, P., Barbera, G., La Mantia, T. & Portolano, S. 1995a. Crop production, growth and ultimate fruit size of cactus pear follow-ing fruit thinning. *HortScience*, 30: 227–230.إنتاج ونمو المحاصيل وحجم فاكهة صبار Opuntia ficus-indica النهائي بعد ترقيق الفاكهة

Inglese, P., Barbera, G. & La Mantia, T. 1995b. Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quality and production. *J. Arid Environ.*, 29: 455–468.استراتيجيات البحث لتحسين جودة وانتاج ثمار الصبار

Inglese, P., Barbera, G. & La Mantia, T. 1997. Competitive growth of fruits and cladodes of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill and thermal time requirement. *Acta Hortic.*, 438: 29–36.النمو التنافسي للفواكه و السيقان الورقية للصبار ومتطلبات الوقت الحراري.

Inglese, P., La Mantia, T., Chessa, I. & Nieddu, G. 1998. Evolution of endogenous gibberellins at different stages of flowering in relation to return bloom of cactus pear (Opuntia ficus-indica L. Mill.). *Sci. Hortic.*, 73: 45–51.تطور الجيبريلين الداخلي في مراحل مختلفة من الإزهار فيما يتعلق بإعادة إزهار صبار

Inglese, P., Barbera, B. & La Mantia, T. 1999. Seasonal reproductive and vegetative growth patterns, and resource allocation during cactus pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. fruit growth. *HortScience*, 34: 69–72.أنماط النمو التنموية والنباتية الموسمية، وتخصيص الموارد خلال نمو ثمار الصبار : نمو الفاكهة.

Inglese, P., Basile, F. & Schirra, M. 2002a. Cactus pear fruit production. In P.S. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses*, pp. 163–184. Berkeley, CA, USA, University of California Press.إنتاج فاكهة الصبار.

Inglese, P., Gugliuzza, G. & La Mantia, T. 2002b. Alternate bearing and summer pruning of cactus pear. *Acta Hortic.*, 581: 201–204.الإثمار المتعاقب والتشذيب الصيفي للصبار.

Inglese, P, Gugluizza, G. & Liguori, G. 2009. Fruit production of cultivated cacti: a short overview on plant ecophysiology and C budget. *Acta Hortic.*, 811: 77–86.إنتاج الفاكهة من الصبار المزروع: لمحة موجزة عن الفيزيولوجيا البيئية للنبات والميزانية C.

Inglese, P., Costanza, P., Gugluizza, G., Inglese, G. & Liguori, G. 2010. Influence of within–tree and environmental factors on fruit quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) in Italy. *Fruits*, 65: 179–189.تأثير العوامل داخل الشجرة والعوامل البيئية على نوعية ثمار الصبار في إيطاليا.

Inglese, P., Inglese, G. & Liguori, G. 2012. Fruit productivity and carbon gain of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. trees. *Isr. J. Plant Sci.*, 60(3): 283–90.إنتاجية الفاكهة وجني الكربون من أشجار صبار Opun-tia ficus-indica (L.) Mill..

IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. *Climate change 2014: Synthesis Report.* Contribution of Working Groups I, II, and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. R.K. Pachauri & L.A. Meyer, eds. Geneva, Switzerland, IPCC. 151 pp.تغير المناخ: تقرير تجميعي 2014

Jayakumar, R. & Kanthimathi, M.S. 2011. Inhibitory effects of fruit extracts on nitric oxide–induced proliferation in MCF-7 cells. *Food Chem.*, 126: 956–960.التأثيرات المثبطة لمستخلصات الفاكهة على الانتشار المستحث من أكسيد النيتريك لخلايا (MCF-7)

Jonas, A., Resenblat, G., Krapf, D., Bitterman, W. & Neeman, I. 1998. *Cactus flowers may prove beneficial in benign prostatic hiperplasia due to inhibition of 5α reductase activity, aromatase activity and lipid peroxidation.*إمكانية وجود فائدة من أزهار الصبار في علاج تضخم البروستاتا الحميد نتيجة تثبيط نشاط اختزال 5 αونشاط إنزيم الأروماتاز وأكسدة الدهون.

Jones, P.K., Holtkamp, R.H., Palmer, W.A. & Day, M.D. 2014. The host range of three biotypes of *Dactylopius tomentosus* (Lamarck) (Hemiptera: Dactylopiidae) and their potential as biological control agents of *Cylindropuntia* spp. (Cactaceae) in Australia. *Biocontrol Sci. Technol.*, 25(6): 613–628. مجموعة المضيف المكونة من ثلاثة أنماط بيولوجية من الدودة القرمزية " Dactylopius tomentosus" (نصفيات الأجنحة) لامارك Hemiptera: الحشرة القرمزية Dactylopiidae) وإمكاناتها كعناصر تحكم بيولوجية لصبار أوبونسيا الأسطواني " Cylindropuntia spp" (الصبار) في أستراليا.

Ju, J., Bai, H., Zheng, Y., Zhao, T., Fang, R. & Jiang, L. 2012. A multi–structural and multi–functional integrated fog collection system in cactus. *Nat Commun.*, 3: 1347. نظام جمع ضباب متعدد الهيكلية ومتعدد الوظائف والمتكامل في الصباريات.

Julien, M.H. & Griffiths, M.W., eds. 1998. *Biological control of weeds. A world catalogue of agents and their target weeds.* 4th edition. Wallingford, UK, CABI Publishing. 223 pp.المكافحة البيولوجية للأعشاب الضارة.

Kang J., Park, J., Choi, S.H., Igawa, S. & Song, Y. 2012. ***Opuntia humifusa*** supplementation increased bone density by regulating parathyroid hormone and osteocalcin in male growing rats. *Int. J. Mol. Sci.*, 13: 6747–6756.صبار (Opuntia humifusa) تزيد من كثافة العظام من خلال تنظيم هرمون الغدة الدرقية و أوستيوكالسين في ذكور الفئران النامية.

Karawya, M.S., Wassel, G.M., Baghdadi, H.H. & Ammar, N.M. 1980. Mucilages and pectins of Opuntia, Tamarindus and Cydonia. *Planta Med.*, [Suppl.]: 68–75.. الهلام النباتي والبكتين في الصبار والتمر هندي و السفرجل.

Kang, J., Lee, J., Kwon, D. & Song, Y. 2013. Effect of *Opuntia humifusa* supplementation and acute exercise on insulin sensitivity and associations with PPAR–γ and PGC–1α pro-tein expression in skeletal muscle of rats. *Int. J. Mol. Sci.*, 14: 7140–7154.تأثير مكملات صبار (Opuntia humifusa) والاستخدام المفرط على حساسية الأنسولين والترابطات مع مستقبلات البيروكسيات المنشطة لمسببات وتركيب البروتين في منشطات جاما (PPAR–γ) التكاثر (PGC –1α) المساعدة لمستقبل منشط مسببات التكاثر - ألفا 1 في عضلات الهيكل العظمي للفئران.

Karim, M.R., Felker, P. & Bingham, R.L. 1997. Correlations between cactus pear (*Opuntia* spp.) cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality. *Ann. Arid Zone*, 37: 159–171.العلاقة المتبادلة ما بين تركيزات مغذيات الساق ومحصول الفاكهة وجودتها (Opuntia spp.) الورقية لصبار

Kaufmann, J.C. 2001. La Question des Raketa: Colonial struggles with prickly pear cactus in southern Madagascar, 1900–1913. *Ethnohistory*, 48(1–2): 7–120.النزاعات الاستعمارية مع صبار في جنوب مدغشقر

Kaufmann, J.C. 2004. Prickly pear cactus and pastoralism in southwest Madagascar. *Ethnol-ogy*, 43(4): 345–361.. صبار والرعي في جنوب غرب مدغشقر.

Keeley, J.E. 1998. CAM photosynthesis in submerged aquatic plants*Bot. Rev*, 64(2): 121–175.التمثيل الضوئي للأيض الحمضي الكراسوليسياني في النباتات المائية المغمورة CAM

Kiesling, R. 1999a. Origen, domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica. J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 3: 50–59 (available at http://www.jpacd.org).

Kiesling, R. 1999b. Nuevos sinónimos en *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae). *Hickenia*, 2(66): 309–314.

Kiesling, R. 2013. Historia de la *Opuntia ficus-indica. Cactusnet Newsletter*, 13 [special issue]: 13–18.

Kiesling, R., Larocca, J., Faúndez, L., Metzing, D. & Albesiano, S. 2008. Cactaceae. In F.O. Zuolaga, O. Morrone & M. Belgrano, eds. *Catalogo de las plantas vasculares del cono Sur de América*, pp. 1715–1830. San Isidro, Argentina, Instituto Darwinion, and St Louis, USA, Missouri Botanical Garden.

Kim, W.G., Cho, W.D., Jee, H.J. & Hong, S.Y. 2000. Occurrence of anthracnose on indian fig cactus caused by *Glomerella cingulata and Colletotrichum gloeosporioides. Plant Pathol. J.*, 16: 294–296.. ظهور مرض الإنثراكنوز على صبار الناجم عن فطر جلوميريلا سنجولاتا (Glomerella cingulata) والفطر المسبب لمرض الأنثراكنوز – كوليتوتريشم جلويوسبوريويديس (Colletotrichum gloeosporioides)

Kim, J.H., Park, S.M, Ha, H.J., Moon, C.J., Shin, T.K., Kim, J.M., Lee, N.H., Kim, H.C., Jang, K.J. & Wie, M.B. 2006. *Opuntia ficus-indica* attenuates neuronal injury in in vitro and in vivo models of cerebral ischemia *J. Ethnopharmacol.*, 104: 257–262."صبار "الهندي يخفف من إصابة الخلايا العصبية في نماذج مختبرية وحية من نقص التروية الدماغية.

Kim, H., Choi, H.K., Moon, J.Y., Kim, Y.S., Mosaddik, A. & Cho, S.K. 2011. Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content. *J. Food Sci.*, 76: C38–C45. التأثيرات المقارنة المضادة للأكسدة والمكافحة الإنتشارية لفاكهة التنين أو البتايا الحمراء والبيضاء وارتباطها بمحتوى الفلافونويد والبوليفينول.

Klein, H. 1999. Biological control of three cactaceous weeds, *Pereskia aculeata* Miller, *Harrisia martinii* (Labouret) Britton and *Cereus jamacaru* De Candolle in South Africa. *Afr. Entomol. Mem.*, 1: 3–14.

Klein, H. 2011. A catalogue of the insects, mites and pathogens that have been used or rejected, or are under consideration for the biological control of invasive alien plants in South Africa. *Afr. Entomol.*, 19(2): 515–549.الفهرس المصور للحشرات والعث ومسببات الأمراض التي تم استخدامها أو نبذها/ رفضها، أو التي هي قيد البحث للمكافحة البيولوجية للنباتات الغريبة الغازية في جنوب أفريقيا.

El Kossori, R.L., Villanume, C., El Boustani, E., Sauvaire, Y. & Mejean, L. 1998. Composition of pulp, skin and seeds of prickly pears fruit (*Opuntia ficus-indica* sp.). *Plant Foods Hum. Nutr.*, 52: 263–270.تكوين لب ثمرة وقشرة وبذور فاكهة صبار (Opuntia ficus-indica sp.)

Kouba, M., Mhemdi, H. & Vorobiev, E. 2015 Seed oil polyphenols: Rapid and sensitive extraction method and high resolution–mass spectrometry identification. *Anal. Biochem.*, 476: 91–93. بوليفينولات بذور الزيت: طريقة الاستخراج السريعة والحساسة وعالية الدقة وتحديد القياس الطيفي للكتلة ذات الدرجة العالية من الوضوح.

Kull, C.A., Tassin, J., Moreau, S., Ramiarantsoa, H.R., Blanc Pamard, C. & Carriére, S.M. 2012. The introduced flora of Madagas-car. *Biological Invasions*, 14: 875–888. الحياة النباتية الدخيلة في مدغشقر.

Kull, C.A., Tassin, J. & Carriére, M. 2014. Approaching invasive species in Madagascar. *Madagascar Conserv. Dev.*, 9(2): 60–70. دراسة الأنواع الغازية في مدغشقر.

Kuti, J.O. 1992. Growth and compositional changes during the development of prickly pear fruit. *J. Hortic. Sci.*, 67: 861–868. النمو والتغيرات التركيبية خلال نمو فاكهة الصبار.

Kuti, J.O. 2004. Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear varieties. *Food Chem.*, 85: 527–533.. مركبات مضادات الأكسدة المستخلصة من أربعة أنواع من صبارOpuntia.

Kuti, J.O. & Galloway, C.M. 1994. Sugar Composition and invertase activity in prickly pear fruit. *J. Food Sci.*, 59: 387–388. تأثير مركب السكر وإنزيم الإنفيرتاز في فاكهة الصبار.

Labib, S. 1998. Planting cactus pear on raised beds versus planting on flat land. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 3: 1–3. زراعة نبات الصبار على أحواض مرتفعة مقابل الزراعة على أرض مستوية.

Labra, M., Grassi, F., Bardini, M., Imazio, S., Guiggi, A. Citerio, S., Banfi, E. & Sgorbati, S. 2003. Genetic relationships in *Opuntia* Mill. genus (Cactaceae) detected by molecular marker. *Plant Sci.*, 165: 1129–1136. العلاقات الجينية في الصبار من نوع Opuntia Mill. genus ، المكتشف من خلال الواسمات الجزيئية.

Labuschagne, M.T. & Hugo, A. 2010. Oil content and fatty acid composition of cactus pear seed compared with cotton and grape seed. *J. Food Biochem.*, 34: 93–100. محتوى الزيت وتركيب الأحماض الدهنية من بذور الصبار بالمقارنة مع القطن وبذور العنب.

Lafone Quevedo, S.A. 1927. *Tesoro de catamarqueñismos*. Buenos Aires, Ed. Coni.

Laguna, E., Deltoro, V.I., Ferrer, P.P., Novoa, A. & Guillot, D. 2013. About binomen *Cylindropuntia rosea* (Cactaceae) and its invasive individuals recorded in the Valencian community (Spain). *Bouteloua*, 16: 40–51 عن نبات " Cylindropuntia rosea" الصبار من نوع الأسطواني الوردي (إسبانيا) وأفراده الغازية المسجلة في مجتمع البلنسية.

Lakshminarayana, S. & Estrella, I.B. 1978. Postharvest respiratory behavior of tuna (prickly pear) fruit (*Opuntia robusta* Mill.). *J. Hortic. Sci.*, 53: 327–330. السلوك التنفسي بعد الحصاد فاكهة صبار tuna (prickly pear) Opuntia robusta Mill.).

La Mantia, T., Barbera, G. & Inglese, P. 1997. Effect of cladode shading on growth and ripen-ing of fruits of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller). *J. Hortic. Sci.*, 72: 299–304. تأثير تظليل السيقان الورقية على نمو ونضج ثمار صبار Opuntia ficus-indicaL. Miller).

La Mantia, T., Barbera, G., Gugluizza, G. & Inglese, P. 1998. Interazione tra irrigazione ed entita di fruttificazione e qualita dei frutti di ficodindia (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). In Atti Giornate Scientifiche SOI, San Remo, Italy, pp. 241–242.

Laurenz, J.C., Collier, C.C. & Kuti, J.O. 2003. Hypoglycaemic effect of *Opuntia lindheimeri* Englem. in a diabetic pig model. *Phytother. Res.*, 17: 26–29. تأثير صبار تكساس/ صبار لسان البقرة/ صبار القرص الخافض لسكر الدم على نموذج خنزير مصاب بالسكري.

Lee, E.B., Hyun, J.E., Li, D.W. & Moon, Y.I. 2001. The effect of *Opuntia ficus-indica* var. saboten fruit on gastric lesion and ulcer in rats. *Nat. Prod. Sci.*, 7: 90–93. تأثير ثمار صبار Opuntia ficus-indica على آفة وقرحة معدة الفئران.

Lee, E.B., Hyun, J.E., Li, D.W. & Moon, Y.I. 2002a. Effects of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten stem on gastric damages in rats. *Arch. Pharmacal Res.*, 25: 67–70. تأثيرات جذع ثمار صبار Opuntia ficus-indica على تلف معدة الفئران.

Lee, J.C., Kim, H.R., Kim, J. & Jang, Y.S. 2002b. Antioxidant property of an ethanol extract of the stem of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 6490–6496. خاصية مضادات الأكسدة من مستخلص الإيثانول من جذع ثمار صبار Opuntia ficus-indica.

Lee, J.A., Jung, B.G. & Lee, B.J. 2012. Inhibitory effects of *Opuntia humifusa* on 7,12–dimethylbenz[a]anthracene and 12–O–tetradecanoylphobol–13–acetate induced two–stage skin carcinogenesis. *Asian Pac. J. Cancer Prev.*, 13: 4655–4660. الآثار المثبطة لصبار Opuntia ficus-indica على 7,12–dimethylbenz[a]anthracene و12–O–tetradecanoylphobol–13–acetate في مرحلتين من تسرطن الجلد المستحث

Leeper, G.W. 1960. *The Australian environment*. Melbourne, Australia, Melbourne University Press. 151 pp. البيئة الأسترالية.

Le Houérou, H.N. 1965. *Les cultures fourragères en Tunisie*. Document Technique No. 13. National Institute of Agronomical Research, Tunisia. 81 pp. المحاصيل العلفية بتونس

Le Houérou, H.N. 1984. Rain use efficiency a unifying concept in arid land ecology. *J. Arid Environ.*, 7: 213–247. مفهوم موحد في بيئة الأراضي القاحلة.

Le Houérou, H.N. 1989. An assessment of the economic feasibility of fodder shrubs plantations with particular reference to Africa. In *The biology and utilization of shrubs*, pp. 603–630. San Diego, CA, USA, Academic Press. تقييم للجدوى الاقتصادية لمزارع الشجيرات العلفية مع إشارة خاصة إلى أفريقيا.

Le Houérou, H.N. 1991. Feeding shrubs to sheep in the Mediterranean arid zone: intake performance and feed value. In Proceedings of the Fourth International Rangeland Con-gress CIRAD (SCIST), 22–26 April 1991, Mont-pellier, France. 1279 pp. تغذية الأغنام على الجنباث في منطقة البحر الأبيض المتوسط القاحلة: فعالية الإمتصاص والقيمة الغذائية .

Le Houérou, H.N. 1992. The role of cacti in the agricultural development of Mediterranean arid zones. In Proceedings of the Second International Cactus Pear and Cochineal Congress, 22–25 September 1992, Santiago, Chile. دور الصبار في التنمية الزراعية في المناطق القاحلة المتوسطية.

Le Houérou, H.N. 1994. *Drought–tolerant and water–efficient fodder shrubs (DTFS), their role as a "drought insurance" in the agricultural development of arid and semi–arid zones in southern Africa*. Report No. KV 65/94. Pretoria, Water Research Commission of South Africa. 139 pp. الشجيرات العلفية ذات القدرة على تحمل الجفاف والكفء في استخدام المياه (DTFS)، ودورها في عملية "تأمين الجفاف" في التنمية الزراعية في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في الجنوب الأفريقي.

Le Houérou, H.N. 1995. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation. *Options Méditerranéennes*, 10 [Serie B: Etudes et Recherches]. 396 pp.

Le Houérou, H.N. 1996a. The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. *J. Arid Environ.*, 33: 135–159. دور الصبار (Opuntia spp.) في مكافحة التعرية، واستصلاح الأراضي وإعادة التأهيل والتنمية الزراعية في حوض البحر الأبيض المتوسط.

Le Houérou, H.N. 1996b. *Utilization of fodder trees and shrubs (TRUBS) in the arid and semi–arid zones of western Asia and northern Africa (WANA): history and perspectives. A review.* Hammamet, Tunisia, ICARDA/CIHEAM. 51 pp. استخدام أشجار وشجيرات الأعلاف (TRUBS) في المناطق القاحلة وشبه القاحلة في غرب آسيا وشمال أفريقيا (WANA): التاريخ والمنظورات

Le Houérou, H.N. 2002. Cacti (*Opuntia* spp.) as a fodder crop for marginal lands in the Mediterranean Basin. *Acta Hortic.*, 581: 21–46. . صبار (Opuntia spp.) كمحاصيل أعلاف للأراضي الهامشية في حوض البحر المتوسط.

Le Houérou, H.N., Correal, E. & Lailhacar, S. 1991. New man–made agro–sylvo–pastoral production systems for the isoclimatic Mediterranean arid zone. In Proceedings of the Fourth International Rangeland Congress, Montpellier, France, pp. 383–388. أنظمة إنتاج صناعية من الزراعة-وزراعة الغابات-الرعي للمناطق القاحلة من البحر المتوسط المتشابهة مناخياً.

Ledesma, N.R. 2009. Our motherland was born with Santiago del Estero. In F. Rossi, ed. *Santiago del Estero–Argentina, History–Tradition–Culture*, pp. 9–20. لقد ولد وطننا الأم مع سانتياجو دلِ إستيرو.

Leuenberger, B.E. 1988. Probleme der Taxonomie und Nomenklatur bei Nutzkakteen, insbesondere bei *Opuntia ficus-indica, O. streptacantha* und verwandten Taxa. Veröff. Lehre Angew. Forsch. *Weiterbildung*, 6: 55–72.

Leuenberger, B.E. 1991. Interpretation and typification of *Cactus ficus-indica* L. and *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (Cactaceae). *Taxon,* 40: 621–627. التفسير والتنميط لصبير Cactus ficus-indica L. وOpuntia .ficus-indica (L.) Miller

Leuenberger, B.E. & Arroyo Leuenberger, S. 2014. Northern hemisphere *Opuntia* and *Cylindropuntia* species (Cactaceae) naturalized in Argentina – and the riddle of *Opuntia penicilligera. Succ. Plant Res.*, 8: 95–112.. أنواع صبير وأوبونسيا أسطوانية نصف كروية شمالية طبيعية في الأرجنتين

Liguori, G. & Inglese, P. 2015. Cactus pear (*O. ficus-indica* (L.) Mill.) fruit production: ecophysiology, orchard and fresh–cut management. *Acta Hortic.*, 1067: 247–252. إنتاج نبات الصبار (O.ficus-indica (L)Mill.) : الفسيولوجية البيئية، إدارة البساتين والقطع الطازجة.

Liguori, G., Di Miceli, C., Gugluizza, G. & In-glese, P. 2006. Physiological and technical as-pects of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) double reflowering and out–of–season winter fruit cropping. *Int. J. Fruit Sci.*, 6: 23–34. الجوانب الفسيولوجية والتقنية من إعادة زراعة الزهور شجر O. ficus-indica (L.)Mill.)) وحصد فاكهة الشتاء في غير الموسم.

Liguori, G., Inglese, G., Pernice, F., Sortino, G. & Inglese, P. 2013a. CO_2 uptake of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. whole trees and single cladodes, in relation to plant water status and cladode age. *Ital. J. Agron.*, 8: 14–20. امتصاص CO2 لـ O. ficus-indica (L.)Mill.)).

Liguori, G., Inglese, G., Pernice, F., Sibani, R. & Inglese, P. 2013b. CO_2 fluxes of *Opuntia ficus-indica* Mill. trees in relation to water status. *Acta Hortic.*, 995: 125–132. دفقات شجر O. ficus-indica (L.)Mill.. فيما يتعلق بحالة الماء.

Lila, Z.A., Mohammed, N., Tatsuoka, N., Kanda, S., Kurokawa, Y. & Itabashi, H. 2004. Effect of cyclodextrin diallyl maleate on methane production, ruminal fermentation and microbes *in vitro* and *in vivo. Anim. Sci. J.*, 75: 15–22. تأثير cyclodextrin diallyl maleate على إنتاج الميثان، التخمير الكرش والميكروبان في المعمل وفي الجسم الحي.

Lima, M.C.A., Araújo, P.E.S., Cavalcanti, M.F.M., Dantas, A.P., Santana, O.P. & Farias, I. 1974. Competição de espécies e de espaçamentos de palma forrageira. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Fortaleza, pp. 288–289.

Lima, G.F.C., Rêgo, M.M.T., Aguiar, E.M., Silva, J.G.M., Dantas, F.D.G., Guedes, F.X. & Lôbo, R.N.B. 2015. Effect of different cutting intensities on morphological characteristics and productivity of irrigated Nopalea forage cactus. *Acta Hortic.*, 1067: 253–258. تأثير شدد القطع المختلفة على السمات الشكلية وإنتاجية الصبار العلفي نوبال التي تم إرؤاها.

Lira Ortiz, A.L., Reséndiz Vega, F., Rios Leal, E., Contreras Esquivel, J.C., Chavarría Hernández, N., Vargas Torres, A. & Rodriguez Hernández, A.I. 2014. Pectins from waste of prickly pear fruits (*Opuntia albicarpa* Scheinvar): Chemical and rheological properties. *Food Hydrocolloids*, 37: 93–99. مركبات باكتين من مخلفات فواكه الصبار (Opuntia albicarpa Scheinvar): خواص كيميائية وانسيابية.

Llanderal, C. & Campos, F. 1999. Sistemas de producción de la grana cochinilla. In *Cría de 1la grana cochinilla del nopal para la producción de su pigmento*, pp. 61–67. Mexico, Postgraduate College.

Lobell, D.B. & Gourdji, M.S. 2012. The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiol.*, 160: 1686–1697. تأثير تغير المناخ على إنتاجية المحاصيل العالمية.

Lobos, E., Passos da Silva, D.M., Mena, J., Logarzo, G. & Varone, L. 2013. Principales plagas en Opuntia. *Cactus Newsletter*, 13 [Special issue]: 137–158.

López Castañeda, J., Corrales Garcia, J., Terrazas Salgado, T. & Colina Leòn, T. 2010. Effect of saturated air treatments on weight loss reduction and epicuticular changes in six varieties of cactus pears fruit (*Opuntia* spp.). *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 12: 37–47. تأثير المعالجات الهوائية المشبعة على تقليل وزن الهواء والتغييرات فوق البشرة في ست أصناف من الفواكه الكمثرية الصبارية (Opuntia spp.).

López Piñeiro, J.M., Fresquet Febrer, J.L., Lopez Terrada, M.L. & Pardo Tomas, J. 1992. *Medicinas, drogas y alimentos vegetales del nuevo mundo.* Madrid, Ministerio de Sanidad y Consumo.

Lounsbury, C.P. 1915. Plant killing insects: the Indian cochineal.*Agric. J. Union S. Afr.*1: 537–543. حشرات قاتلة للنباتات: الدودة القرمزية الهندية.

Loza Cornejo, S. & Terrazas, T. 2003. Epidermal and hypodermal characteristics in North American Cactoideae (Cactaceae). *J. Plant Res.*, 116: 27–35. السمات البشروية وتحت الجلدية في الصباراوات الشمال أمريكية.

Lozano Gutierrez, J. & Espania Luna, M.P. 2008. Pathogenicity of ***Beauveria bassiana*** (Deuteromycotina: Hyphomycetes) against the white grub *Laniifera cyclades* (Lepidoptera: Pyralidae) under field and greenhouse conditions. *Fla. Entomol.*, 91(4): 664–668. مولدات الإمراض لنوع Beauveria bassiana: الفطريات الناقصة) ضد يرقات من نوع Laniifera Cyclades (الفُطرِيّاتُ الخوطِيّة: حرشفيات الأجنحة: النارياث) تحت ظروف الحقل والصوبة الزجاجية.

Luna Paez, A., Valadez Moctezuma, E., Barrientos Priego, A.F. & Gallegos Vázquez, C. 2007. Characterization of *Opuntia* spp. by means of seed with RAPD and ISSR markers and its possible use for differentiation. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 9: 43–59. تحديد سمات نوع Opuntia بواسطة وضع جذور باستخدام مرقمات RAPD و ISSR واستخدامها الممكن لتحقيق التمايز.

Luo, Y. & Nobel, P.S. 1993. Growth characteristics of newly initiated cladodes of *Opuntia ficus-indica* as affected by shading, drought and elevated CO_2. *Physiol. Plant.*, 87: 467–474. سمات النمو للسيقان الورقية التي تم تكوينها حديثاً من نوع Opuntia ficus-indica، كما حدث بواسطة التظليل، الجفاف و المرتفع CO2.

Madjdoub, H., Rousdeli, S. & Dertani, A. 2001a. Polysaccharides from prickly pear and nopals of *Opuntia ficus-indica*: e xtraction, characterization and polyelectrolyte behavior, *Polym. Int.*, 50: 552–560. بولي سكاريدات من الصبار Opuntia ficus-indica: تحديد الاستخلاص، والنوبالات من السمات وسلوك بولي إلكتروليت

Madjdoub, H., Roudesli, S., Picton, L., Le Cerf, D., Muller, G. & Grisel, M. 2001b. Prickly pear nopals pectin from *Opuntia ficus-indica*. Physicochemical study in dilute and semidilute solutions. *Carbohydr. Polym.*, 46: 69–79. بكتين نوبالات كمثرية شوكية من Opuntia ficus-indica. دراسة فسيولوجية كيميائية في ناتج تخفيف ومحاليل شبه مخففة.

Madriga Santillán, E., García Melo, F., Morales González, J.A., Vázquez Alvarado, P., Muñoz Juárez, S., Zuñiga Pérez, C., Sumaya Martínez, M.T., Madrigal Bujaidar, E. & Hernández Ceruelos, A. 2013. Antioxidant and anticlastogenic capacity of prickly pear juice. *Nutrients*, 5: 4145–4158. قدرة مضادة للأكسدة ومضادة للتكسير لعصير الصبار.

Mafra, R.C., Farias, I., Fernandes, A.P.M., Correia, E.B., Santana, O.P. & Wanderley, M.B. 1974. *Posição e número de artículos no plantio da palma Gigante (*Opuntia ficus-indica*, Mill).* Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia 9, Fortaleza, Brazil. 330 pp.

Magallanes Quintanar, R., Valdez Cepeda, R.D., Blanco Macías, F., Márquez Madrid, M., Ruiz Garduño, R.R., Pérez Veyna, O., García Hernández, J.L., Murillo Amador, B., López Martínez, J.D. & Martínez Rubín de Celis, E. 2004. Compositional nutrient diagnosis in nopal (*Opuntia ficus–indica*). *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 6: 78–89. تشخيص مغذيات تركيبية في نوبال (Opuntia ficus–indica).

Magallanes Quintanar, R., Valdez Cepeda, R.D., Blanco Macias, F., Ruiz Garduno, R.R., Marquez Madrid, M., Macias Rodriguez, F.M., Murillo Amador, B., Garcia Hernandez, J.L. & Valdez Cepeda, R.D. 2006. Nutrient interactions in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and their effect on biomass production. *Acta Hortic.*, 728: 145–150. التفاعلات الغذائية في صبار (Opuntia ficus-indica) وتأثيرها على إنتاج الكتلة الحيوية.

Magnano di San Lio, G. & Tirrò, A. 1983. Una moria del ficodindia causata da *Armillaria mellea. Inf. Fitopatol.*, 1: 47–50.

Majure, L.C., Puente, R. & Pinkava, D.J. 2012a. Miscellaneous chromosome numbers in Opuntieae DC. (Cactaceae) with a compilation of counts for the group. *Haseltonia*, 18: 67–78.. أعضاء كروموسومية متفرقة في Opuntieae DC. بتوليف من إحصاءات المجموعة.

Majure, L.C., Puente, R., Griffith, M.P., Judd, W.S., Soltis, P.S. & Soltis, D.E. 2012b. Phylogeny of *Opuntia* s.s. (Cactaceae): Clade delineation, geographic origins, and reticulate evolution. *Am. J. Bot.*, 99(5): 847–864. علم إزالة بطانة سيقان ورقية، Opuntia s.s.: الوراثة العرقي من أصول جيوغرافية، وتطور شبكي.

Majure, L.C., Judd, W.S., Soltis, P.S. & Soltis, D.E. 2012c. Cytogeography of the *Humifusa* clade of *Opuntia* s.s. Mill. 1754 (Cactaceae: Opuntioideae): Correlations with geographic distributions and morphological differentiation of a polyploid complex. *Comparative Cytogenetics*, 6: 53–77. جغرافية الخلية لساق ورقية من Humifusa لنوع Opuntia s.s.Mill. 1754 (الصباريات: Opuntioideae): ترابطات التوزيعات الجغرافية والتمايز الشكلي لمعقد من تَعَدُّد صِبَغِ صِبْغِيَّة

Maki Díaz, G., Peña Valdivia, C.B., García Nava, R., Arévalo Galarza, L., Calderón Zavala, G. & Anaya Rosales, S. 2015. Physical and chemical characteristics of cactus stems (*Opuntia ficus-indica*) for exportation and domestic markets. *Agrociencia*, 49: 31–51. سمات مادية وكيميائية لسيقان صبار (Opuntia ficus-indica) للتصدير والأسواق المحلية.

Malik, F.T., Clement, R.M., Gethin, D.T., Beysens, D., Cohen, R.E., Krawszik, W. & Parker, A.R. 2015. Dew harvesting efficiency of four species of cacti. *Bioinspir. Biomim.*, 10(3): 036005. فعالية تجميع الندى لأربع أنواع من الصبار.

Maltsberger, W.A. 1991. Feeding and supplementing prickly pear cactus to beef cattle. In Proceedings of the Second Annual Texas Prickly Pear Council, 16–17 August 1991, McAllen, Texas, USA, pp. 104–117. التغذية والإكمال لصبار للماشية من الأبقار.

Mann, J. 1969. *Cactus–feeding insects and mites*. Bulletin 256. Washington, DC, United States National Museum. 158 pp. حيوانات تتغذى على الصبار والعثة.

Mann, J. 1970. *Cacti naturalized in Australia and their control.* Queensland, Australia, Department of Lands. 128 pp. صبار متعادل في أستراليا والتحكم فيه.

Margolis, E., Silva, A.B. & Jacques, F.O. 1985. Determinação dos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo para as condições de Caruaru (PE). *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 9: 165–169.

Marín, R. 1991. *Dactiliopus coccus* (Costa), cochinilla de la tuna sobre *Opuntia ficus-indica. Quepo*, 5: 37–43.

Marín, R., & Cisneros, F. 1977. Biología y morfología de la cochinilla del carmín, *Dactylopius coccus* Costa (Homoptera: Dactylopiidae). *Rev. Per. Entomol.*, 20(1): 115–120.

Marsico, T.D., Wallace, L.E., Erwin, G.N., Brooks, C.P., McClure, J.E. & Welch, M.E. 2011. Geographic patterns of genetic diversity from the native range of *Cactoblastis cactorum* (Berg) support the document history of invasion and multiple introductions for invasive populations. *Biological Invasions*, 13: 857–868. أنماط جيوغرافية لتنوع وراثي من النطاق الأصلي لدعم Cactoblastis Cactorum (بيرج) بالوثيقة التاريخية للإجتياح وصور الإدخال المتعددة للمجموعات الاجتياحية.

Martìn Belloso, O., Soliva Fortuny, R. & Oms Oliu, G. 2007. Fresh–cut fruits. In Y.H. Hui, ed. *Handbook of food products manufacturing*, pp. 879–970. Hoboken, New Jersey, USA, John Wiley & Sons, Inc. قطع الفواكه الطازجة.

Matamala, P., Mora, M. & Sáenz, C. 2015. Evaluación de las preferencias de los consumidores en tunas de colores en dos estados de madurez. Faculty of Agronomic Sciences. University of Chile. Unpublished data.

Mathenge, C.W, Holford, P., Hoffmann, J.H., Zimmermann, H.G., Spooner Hart, R. & Beattie, G.A.C. 2009. Distinguishing suitable biotypes of *Dactylopius tomentosus* (Hemiptera: Dactylopiidae) for biological control of *Cylindropuntia fulgida* var. *fulgida* (Caryophyllales: Cactaceae) in South Africa. *Bull. Entomol. Res.*, 99: 619–627. تمييز الأنواع الحيوية المناسبة من Dactylopius tomentosus (رتبة الحشرات النصفية الأجنحة: نصفيات الأجنحة) لمكافحة حيوية للأنواع Cylindropuntia fulgida var. fulgida (قرنفليات: الصباريات) في جنوب أفريقيا.

Matsuhiro, B., Lillo, L., Sáenz, C., Urzúa, C. & Zárate, O. 2006. Chemical characterization of the mucilage from fruits of *Opuntia ficus indica. Carbohydr. Polym.*, 63: 263–267. تحديد سمات كيميائي لمذاب الصمغ في الماء من فواكه Opuntia ficus-indica

Matthäus, B. & Özcan, M.M. 2011. Habitat effects on yield, fatty acid composition and tocopherol contents of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.) seed oils. *Sci. Hortic.*, 131: 95–98. تأثيرات المواطن على الناتج، تركيبة الحمض الدهني والمحتويات من التوكوفيرول لزيوت جذور صبار (Opuntia ficus-indica L.).

Mauseth, J.D. 1980. Release of whole cells of Nopalea (Cactaceae) into secretory canals. *Bot. Gaz.*, 141: 15–18.. إطلاق الخلايا الكاملة من نوبال (الصباريات) في القنوات الإفرازية.

Mauseth, J.D. 1984. Effect of growth rate, morphogenic activity and phylogeny on shoot apical ultrastructure in *Opuntia polyacantha* (Cactaceae). *Am. J. Bot.*, 71: 1283–1292. تأثير معدل النمو، النشاط المولد للتشكيل وتاريخ تطور السلالة على بنية فائقة قمية للنبت في Opuntia polyacantha

Mauseth, J.D. 1989. Comparative structure–function studies within a single strongly dimorphic species, *Melocactus intortus* (Cactaceae). *Bradleya*, 7: 1–12. دراسات البنية والوظيفة. المقارنة داخل أنواع ثنائية الشكل قوية منفردة Melocactus intortus

Mauseth, J.D. 1996. Comparative anatomy of tribes Cereeae and Browningieae (Cactaceae). *Bradleya*, 14: 66–81.. تشريح مقار لفصائل من نوعي الشمعاويات والضرعاء .

Mauseth, J.D. 1999a. Anatomical adaptations to xeric conditions in Maihuenia (Cactaceae), a relictual, leaf–bearing cactus. *J. Plant Res.*, 112: 307–315. صور الانتهاجات التشريحية لظروف مقتبسة في النوع الغرنوقي (الصباريات)، صبار حامل للورق، مستعمرة لمناطق ضيقة.

Mauseth, J.D. 1999b. Comparative anatomy of Espostoa, Pseudoespostoa, Thrixanthocereus, and Vatricania (Cactaceae). *Bradleya*, 17: 33–43.. تشريح مقارن لأنواع Espostoa، Pseudoespostoa، Thrixanthocereus، و Vatricania

Mauseth, J.D. 2000. Theoretical aspects of surface–to–volume ratios and water–storage capacities of succulent shoots. *Am. J. Bot.*, 88: 1107–1115. السمات النظرية لنسب من السطح إلى الحجم. وسعات الماء إلى التخزين للنبتات العصارية.

Mauseth, J.D. 2004. Wide–band tracheids are present in almost all species of Cactaceae. *J. Plant Res.*, 117: 69–76.. توجد قُصَيبات ذات نطاق واسع في تقريباً جميع الأنواع من الصبار.

Mauseth, J.D. 2005. Anatomical features, other than wood, in subfamily Opuntioideae (Cactaceae). *Haseltonia*, 11: 2–14.السمات التشريحية، بخلاف الأشجار، في عائلة فرعية من الصباريات.

Mauseth, J.D. 2006a. Structure–function relationships in highly modified shoots of Cactaceae. *Ann. Bot.*, 98: 901–926.. العلاقات الوظيفية للهيكل في فسيلات معدلة بدرجة عالية من الصبار.

Mauseth, J.D. 2006b. Wood in the cactus subfamily Opuntioideae has extremely diverse structure. *Bradleya*, 24: 93–106.الخشب في نبات الصبار هيكل متنوع للغاية.

Mauseth, J.D. & Kiesling, R. 1997. Comparative anatomy of *Neoraimondia roseiflora* and *Neocardenasia herzogiana* (Cactaceae). *Haseltonia*, 5: 37–50.التشريح المقارن لنيورايموندیا روزيفلورا ونيوكاردیناسیا هيرزوجيانا

Mauseth, J.D. & Ross, R. 1988. Systematic anatomy of the primitive cereoid cactus *Leptocereus quadricostatus. Bradleya*, 6: 49–64.التشريح المنهجي لصبار سيريود الأساسي ليبتوسيريوس كوادريكوستاتيوس.

Mayorga, M.C., Urbiola, M.C., Suárez, R. & Escamilla, S.H.M. 1990. Estudio agronómico de xoconostle Opuntia spp en la zona semiárida del Estado de Querétaro. En Memoria 3ª Reunión Nacional 1ª Reunión Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del nopal. Ed. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Saltillo, Coahuila, Mexico.

McConn, M. & Nakata, A. 2004. Oxalate reduces calcium availability in the pads of prickly pear cactus trough formation of calcium oxalate crystals. *J. Agric. Food Chem.*, 52: 1371–1374.تقلل الأوكسالات إتاحة الكالسيوم في منصات من تكوين حوض صبار شوكي من بلورات أوكسالات الكالسيوم.

McFadyen, R.E. 1979. The cactus mealybug *Hypogeococcus festerianus* (Hem.: Pseudococcidae) an agent for the biological control of *Harrisia martinii* (Cactaceae) in Australia. *Entomophaga*, 24: 281–287.هيبوجيوكوكاس فاستيريانوس بق الصبار (نصفيات الأجنحة: البق الدقيقي) عامل للمكافحة البيولوجية لهاريسيا مارتيني في أستراليا

McFadyen, R.E. & Tomley, A.J. 1981. Biological control of Harrisia cactus, *Eriocereus martinii*, in Queensland by the mealybug *Hypogeococcus festerianus*. In E.S. Delfosse, ed. Proceedings of the Fifth International Symposium on Biological Control of Weeds, pp. 589–594. Canberra, CSIRO.المكافحة البيولوجية لصبار هاريسيا، ايروسيريوس مارتيني، في كوينزلاند بواسطة فيستيريانوس هيبوجيوكوكس البق.

McLeod, M.G. 1975. A new hybrid fleshy–fruited prickly–pear in California. *Madroño*, 23: 96–98.هجين جديد من صبار شوكي تم إنتاجه حديثا في كاليفورنيا.

Meckes Lozyoa, M. & Roman Rams, R. 1986. *Opuntia streptacantha*, a coadjutor in the treatment of Diabetes mellitus. *Am. J. Chin. Med.*, 14: 116–118. نبات الصبار Opuntia streptacantha ، مساعد علاج الداء السكري.

Medeiros, G.R. de, Farias, J.J. de, Ramos, J.L.F. & Silva, D.S. 1997. Efeito do espaçamento e da forma de plantio sobre a produção da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*, Mill), no semi–árido. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, Juiz de Fora, pp. 231–233

Medina Torres, L., Brito De La Fuente, F., Torrestiana Sanchez, B. & Katthain, R. 2000. Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus-indica*). *Food Hydrocolloids*, 14: 417–424. خصائص انسياب الصمغ النباتي (Opuntia ficus-indica)

Medina Torres, L., García Cruz, E.E., Calderas, F., González Laredo, R.F., Sánchez Olivares, G., Gallegos Infante, J.A., Rocha Guzmán, N.E. & Rodríguez Ramírez, J. 2013. Microencapsulation by spray drying of gallic acid with nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*). *LWT – Food Sci. Technol.*, 50: 642–650.الكبسلة الدقيقة بواسطة التجفيف بالرش لحمض جاليك باستخدام صمغ نباتي نوبال .

Mena Covarrubias, J. 2011. Alternativas para el manejo integral de grana cochinilla, *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) en nopal tunero. In A.R.E. Vazquez, F. Blanco, M.R. Blanco & C. aldez, eds. Me-morias del X Simposium–Taller Nacional y III Internacional de Produccion y Aprovechami-ento del Nopal y Maguey, pp. 73–81. Cam-pus de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Escobedo, NL,Mexico. 300 pp.

Mena Covarrubias, J. 2012. Plagas de importancia económica para la producción de nopal en México. In F. Blanco Macías, R.E. Vázquez Alvarado, R.D. Valdez Cepeda & J.A. Santos

Mena Covarrubias, J. 2013. Tecnologías de manejo integrado para los insectos plaga del nopal tunero en el Altiplano Mexicano. In C. Gallegos Vázquez, S. De J. Méndez Gallegos & C. Mondragón Jacobo, eds. *Producción sustentable de tuna en San Luis Potosí*, pp. 125–161. Colegio de Postgraduados – Fundación Produce San Luis Potosí. San Luis Potosí, Mexico.

Mena Covarrubias, J. 2014. Evaluación de los métodos para control de insectos plaga en nopal tunero en México. In F. Blanco Macías, R.E. Vázquez Alvarado, R.D. Valdez Cepeda & J.A. Santos Haliscak, eds. Memorias del XII Simposium–Taller Nacional y V Internacional de Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey, pp. 79–86. Campus de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, NL, Mexico. 244 pp.

Méndez Gallegos, S.J. 1992. *Tasas de supervivencia y reproducción de la grana cochinilla* Dactylopius coccus *(Homoptera: Dactylopiidae) a diferentes temperaturas*. Montecillo, State of Mexico, Postgraduate College (MSc thesis). 70 pp.

Méndez Gallegos, S.J. 2013. De los montes a la biofábrica: La evolución de los sistemas de cría de la cochinilla. In L. Portillo & A.L. Vigueras, eds. *Conocimiento y aprovechamiento de la grana cochinilla*, pp. 135–144. First edition. University of Guadalajara, Mexico.

Méndez Gallegos, S.J. & Martínez Hernandez, J. de J. 1988. Efecto de la fertilizacion quimica y organica en tres formas de nopal (*Opuntia* spp), sobre el rendimiento, en una plantacion comercial de ojocaliente, Zacatecas. En Memorias Reuniao Nacional e International Sobre Conocimento y Aprovechamento del Nopal, Universidad Autonoma Agraria, Saltillo, Mexico, pp. 127–144.

Méndez Gallegos, S.J., García, H.J., Rössel, A., Tarango, A., Talavera, M. & Figueroa, B. 2004. *Recomendaciones para el establecimiento de plantaciones de nopal en el Altiplano Potosino.* Coedición Colegio de Postgraduados. Comisión Nacional de las Zonas Áridas. 24 pp.

Méndez Gallegos, S.J., Talavera Magaña, D. & García Herrera, E.J. 2009. VII Simposium–Taller "Producción y aprovechamiento del nopal en el Noreste de México". *Rev. Salud Publica Nutr.*, 2 [Edición Especial].

Menezes, C.M.D. 2008. *Effects of sun–dried Opuntia ficus-indica c ladodes o n d igestive processes in sheep*. Bloemfontein, South Africa, University of the Free State (MSc dissertation).تأثيرات السيقان الورقية لنبات الصبار المجففة بالشمس على عمليات الجهاز الهضمي في الأغنام

Menezes, C.M.D. da C., Schwalbach, L.M.J., Combrinck, W.J., Fair, M.D. & De Waal, H.O. 2010. Effects of sun–dried *Opuntia fi-cus-indica* on feed and water intake and ex-cretion of urine and faeces by Dorper sheep. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 40: 491–494.تتأثيرات الصبار المجفف بالشمس على امتصاص الغذاء والماء وإفراز البول والبراز بواسطة أغنام دوربر

Menke, K.H. & Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.*, 28: 7–55.تقدير قيمة التغذية النشطة من التحليل الكيميائي وإنتاج الغاز في المختبر باستخدام مائع الكرش.

Merin, U., Gagel, S., Popel, G., Bernstein, S. & Rosenthal, I. 1987. Thermal degradation kinetics of prickly–pear–fruit red pigment. *J. Food Sci.*, 52: 485–486.حركيات التدهور الحراري للصبغة ثمرة الصبار الشوكي الحمراء

Metcalf, C.R. & Chalk, L. 1979. *Anatomy of the dicotyledons. Part VII, Epicuticular wax and its morphology*. Vol. 1, 2nd ed, pp. 158–160. Oxford, UK, Clarendon Press. تشريح ثنائيات الفلقة. الجزء السابع، شمع فوق أديمي وشكله.

Middleton, K. 1999. Who killed 'Malagasy Cactus'? Science, environment and colonialism in southern Madagascar (1924–1930). *J. South. Afr. Stud.*, 25(2): 215–248.من قتل "صبار الملغاشية"؟ العلوم، والبيئة والاستعمار في مدغشقر الجنوبية 1930–1924)).

Migliore, G., Cembalo, L., Caracciolo, F. & Schifani, G. 2012. Organic consumption and consumer participation in food community networks. *New Medit*, 11(4) [suppl.]: 46–48.الاستهلاك العضوي ومشاركة المستهلك في شبكات مجتمع الغذاء.

Migliore, G., Galati, A., Romeo, P., Crescimanno, M. & Schifani, G. 2015a. Quality attributes of cactus pear fruit and their role in consumer choice. The case of Italian consumers. *Br. Food J.*, 117(6): 1637–1651.الخصائص النوعية لثمرة الصبار ودورها في اختيار المستهلك حالة المستهلكين الايطاليين.

Migliore, G., Crescimanno, M., Schifani, G., Romeo, P. & Galati, A. 2015b. Quality perception and consumer choice of cactus pear: Results of direct survey in Italy. Proceedings of the VIII International Congress on Cactus Pear and Cochineal. *Acta Hortic.*, 1067: 275–282.:تصور الجودة واختيار المستهلك للصبار نتائج المسح المباشر في ايطاليا.

Mimouni, A., Ait Lhaj, A. & Ghazi, M. 2013. Mineral nutrition effect on cactus (*Opuntia ficus* spp.): growth and development. *Acta Hortic.*, 995: 2013.تأثير التغذية المعدنية على الصبار (Opuntia ficus spp.): النمو والتطور

Misra, A.K., Mishra, A.S., Tripathi, M.K., Chaturvedi, O.H., Vaithiyanathan, S., Prasad, R. & Jakhmol, R.C. 2006. Intake, digestion and microbial protein synthesis in sheep on hay supplemented with prickly pear cactus [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] w ith or without groundnut meal. *Small Ruminant Res.*, 63: 125–134.الامتصاص، والهضم وتخليق البروتين الجرثومي في الأغنام على القش المكمل بصبار Opuntia ficus-indica (L.) Mill. مع أو بدون علف من الفول السوداني.

Mohamed Yasheen, Y., Barringer, S.A. & Splittstoesser, W.E. 1996. A note on the uses of *Opuntia* spp. in Central/North America. *J. Arid Environ.*, 32: 347–353. ملحوظة بشأن استخدامات ال صبار في وسط/شمال أمريكا .

Mohammed, N., Lila, Z.A., Ajisaka, N., Hara, K., Mikuni, K., Kanda, S. & Itabashi, H. 2004. Inhibition of ruminal microbial meth-ane production by β –cyclodextrin iodopro-pane, malate and their combination *in vitro*. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 88: 188–195.تثبيط سيكلو-β إنتاج الميثان الجرثومي الاجتراري بواسطة ديكسترين يودو بروبان، مالات وتوليفاتها في المختبر.

Mokoboki, K., Kgama T. & Mmbi, N. 2009. Evaluation of cactus pear fruit quality at Mara ADC, South Africa. *Afr. J. Agric. Res.*, 4(1): 28–32.تقييم جودة ثمرة الصبار كي في مارا ADC، جنوب أفريقيا.

Mondragón Jacobo, C. 1999. Low input agricultural systems based on cactus pear for subtropical semiarid environments. In J. Janick, ed. *Perspectives on new crops and new uses*, pp. 367–372. Alexandria, VA, USA, ASHS Press.الأنظمة الزراعية منخفضة الدخل بناء على الصبار للبيئات القاحلة شبه الاستوائية

Mondragón Jacobo, C. 2001. Cactus pear domestication and breeding.*Plant Breed Rev,* 20: 135–166.ادماج واستنبات الصبار.

Mondragón Jacobo, C. & Bordelon, B.B. 1996. Cactus pear (*Opuntia* spp. Cactaceae) breeding for fruit production. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 1: 19–35.استنبات صبار (Opuntia spp. Cactaceae) لإنتاج الثمار.

Mondragón Jacobo, C. & Bordelón, B. 2002. Presencia de apomixis en cruzas de nopales mexicanos y su identificación molecular preliminar. *Rev. Fitotec. Mex.*, 25(3): 247–252.

Mondragón Jacobo, C. & Chessa, I. 2013. A global perspective on genetic resources of cactus pear: An asset for the future sustainability of semiarid lands. *Acta Hortic.*, 995: 19–26.توقع عالمي بشأن الموارد الوراثية للصبار: أحد الأصول اللازمة للاستدامة المستقبلية للأراضي القاحلة

Mondragón Jacobo, C. & Doudareva, N. 2000. DNA extraction from several cacti. *HortScience*, 35: 1124–1126.استخراج الحمض النووي من العديد من الصبار

Mondragón Jacobo, C. & Pérez González, S. 1994. 'Reyna' (syn. 'Alfajayucan') is the leading cactus pear cultivar in Central Mexico. *Fruit Var. J.*, 48: 134–136.'رينا' (سين 'ألفاجايوكان') هو صنف الصبار الرائد في وسط المكسيك.

Mondragón Jacobo, C. & Pérez González, S. 1996. Native cultivars of cactus pear in Mexico. In J. Janick, ed. *Progress in new crops*, pp. 446–450. Arlington, VA, USA, ASHS Press.الأصناف المحلية من الصبار في المكسيك.

Mondragón Jacobo, C. & Pérez González, S. 2001. *Cactus (*Opuntia *spp.) as forage*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 169. Rome, FAO. 140 pp.الصبار (نوع أوبونتيا) على هيئة علف.

Mondragón Jacobo, C. & Pimienta Barrios, E. 1990. *Fertilización del nopal tunero*. Folleto Técnico No. 1. Campo Experimental Norte de Guanajuato. Guanajuato, Mexico, INIFAP.

Mondragón Jacobo, C. & Pimienta Barrios, E. 1995. Propagation. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios eds. *Agro–ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 64–70. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO..التكاثر. إن جي. باربيرا، بي. إنجليز واي. بيمينتا باريوس، إدس. علم الزراعة، الاستزراع

Mondragón Jacobo, C. & Tegegne, F. 2006. Cactus pear production systems in Tigray, Northern Ethiopia. *Acta Hortic.*, 728: 59–70.أنظمة إنتاج الصبار في تيغراي، شمال إثيوبيا.

Mondragón Jacobo, C., Fernandez, M.R. & Estrada, C.H. 1995. Ampliacion de la epoca de cosecha de la tuna. In Pimienta Barrios ***et al***., eds. Proceedings of the Fifth National and Fourth International Cactus Pear Congress, Guadalajara, Mexico, pp. 265–295.

Mondragón Jacobo, C., Gallegos Vazques, C. & Martinez Gonzalez, J. 2009. Cactus pear off–season production: a topic of interest for Mexican growers after market globalization. *Acta Hortic.*, 811: 409–414.إنتاج الصبار في غير موسمه: موضوع محل اهتمام المزارعين المكسيكيين بعد عولمة السوق.

Mondragón, J.C., Huerta, E.E. González Ch. M.M. & Mora, A.M.A. 2012. *Propagación tecnificada del nopal para reducir incidencia de enfermedades y multiplicar nuevas variedades*. Folleto Técnico No. 8. Campo Experimental Bajío. Celaya, México, INIFAP.

Monjauze, A. & Le Houérou, H.N. 1965a. Le role des Opuntia dans l'economie agricole nord africaine. *Bull. Ecole Nat. Sup. Agric. Tunis*, 8–9 : 85–165.

Monjauze, A. & Le Houérou, H.N. 1965b. *Les* Opuntia *dans l'economie agricole nord–africaine*. Rome, FAO. 92 pp.

Monterroso Rivas, A.I., Conde Álvarez, C., Rosales Dorantes, G. & Gómez Díaz, J.D. 2011. Assessing current and potential rainfed maize suitability under climate change scenarios in Mexico. *Atmosfera*, 24: 53–67.تقييم استقرار الذرة الحالية والمحتملة المروية بالمطر في إطار سيناريوهات تغير المناخ في المكسيك.

Montefiori, D. 1990. *Ricerche sull'estrazione, la stabilita e l'impiego dei pigmenti del fico d'indiasanguigno*. Milan, Italy, University of Milan (thesis).

Monteiro, C.C.F., Melo, A.A.S., Ferreira, M.A., Campos, J.M.S., Souza, J.S.R., Silva, E.T.S., Andrade, R.P.X. & Silva, E.C. 2014. Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv Gigante) and urea in the diets of Holstein × Gyr heifers. *Trop. Anim. Health Prod.*, 46: 1149–1154استبدال نخالة القمح بالصبار بدون أشواك (Opuntia ficus indica Mill cv Gigante) واليوريا في الأنظمة الغذائية من هولشتاين × عجول جير.

Montiel, L. 1995. *Morfología de* Dactylopius coccus *Costa (Homoptera: Dactylopiidae), y su biología y reproducción en dos fotoperiodos*. Mexico, Postgraduate College (MSc thesis). 106 pp.

Mora, M., Espinoza, J., Schnettler., B. & Echeverría, C. 2013. Innovation requirements for the development of cactus pear for export: a new item to be incorporated to the Chilean fruit export sector. Proceedings of the 7th International Congress on Cactus Pear and Cochineal. *Acta Hortic.*, 995: 229–236.متطلبات الابتكار لتطوير الصبار للتصدير: عنصر جديد سيتم دمجه في قطاع تصدير فواكه شيلي.

Morales, M., Sáenz, C. & Robert, P. 2009. Bioactives compounds in toppings from colored cactus pear cultivated in Chile. *Acta Hortic.*, 811: 127–130.المركبات الحيوية في طبقة من الصبار الملونة المزروعة في شيلي.

Moran, V.C. 1980. Interactions between phytophagous insects and their Opuntia hosts. *Ecol. Entomol.*, 5(2): 153–164.التفاعلات بين الحشرات النباتية ونباتات الصبار المضيفة.

Moran, V.C. & Annecke, D.P. 1979. Critical reviews of biological pest control in South Africa. 3. The jointed cactus, *Opuntia aurantiaca* Lindley. *J. Entomol. Soc. South. Afr.*, 42: 299–329.المراجعات الحرجة لمكافحة الآفات البيولوجية في جنوب أفريقيا.

Moran, V.C. & Cabby, B.S. 1979. On the life-history and fecundity of the cochineal insect, *Dactylopius austrinus* De Lotto (Homoptera: Dactylopiidae), a biological control agent for the cactus *Opuntia aurantiaca*. Commonwealth Agricultural Bureaux. *Bull. Entomol. Res.*, 69: 629–636. عن تاريخ حياة وخصوبة الحشرة Dactylopius austrinus De Lotto (متشابهات القرمزية، الأجنحة: الوعفيات)، عامل المكافحة البيولوجي للصبار الزراعي الغذائي.

Moran, V.C. & Zimmermann, H.G. 1984a. The biological control of cactus weeds of minor importance in South Africa. *Agric., Ecosyst. Environ.*, 37: 35–55. المكافحة البيولوجية لأعشاب الصبار ذات الأهمية الثانوية في جنوب أفريقيا.

Moran, V.C. & Zimmermann, H.G. 1984b. The biological control of cactus weeds: achievements and prospects. *Biocontrol News Inf.*, 5: 297–320.المكافحة البيولوجية لأعشاب الصبار: ما تم تحقيقه والآفاق.

Moringo, M.A. 1966. *Diccionario de Americanismos*. Buenos Aires, Mochnik Ed.

El Moselhy, M.M., Sengupta, A.K. & Smith, R. 2011. Carminic acid modified anion exchanger for the removal and preconcentration of Mo(VI) from wastewater. *J. Hazard. Mater.*, 185: 442–446.مبادل أنيون معدل بحمض كارمينيك لإزالة التركيز المشترك لـ Mo(VI) من ماء الصرف.

Mosshammer, M.R., Stintzing, F.C. & Carle, R. 2006. Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 7: 275–287.تقييم أساليب مختلفة لإنتاج مركزات عصير ومسحوق الفواكه من الصبار.

El Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M., Latruffe, N., Lizard, G., Nasser, B. & Cherkaoui Malki, M. 2014. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 19: 14879–14901.الصبار نوبال (Opuntia ficus-indica) كمصدر للمركبات النشطة بيولوجياً للتغذية والصحة والمرض.

Mottram, R. 2013. Linnaean cactus legacy. *Cactician*, 3: 1–83.مخلفات الصبار لينيان.

Mow, V.C., Gunn, B.H. & Walter, G.H. 1982. Wind dispersal and settling of first-instar crawlers of the cochineal insect *Dactylopius austrinus* (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). *Ecol. Entomol.*, 7: 409–419.1982 تشتت الرياح وتسوية الزواحف الأولى من الحشرات داكتيلوبيوس أوسترينوس (متشابهة الجناح: القرمزيات: الوعفيات).

Mulas, M. 1991. *Rooting experiments in one year old cladodes of Opuntia ficus-indica Mill.* International Symposium on Cactus Pear Fruit, Lagos de Morena, Jalisco, Mexico. 7 pp.التجارب التجذر في الأجزاء المسطحة بعمر سنة واحدة من الصبار Opuntia ficus-indica Mill.

Mulas, M. 1992. Blossoming and fructification cycle of *Opuntia ficus-indica* Mill. in the Mediterranean environment. In Proceedings of the Second International Conference on Prickly Pear and Cochineal, 22–25 September, Santiago, Chile, pp. 53–60. دورة التفتح والإثمار للصبار Opuntia ficus-indica Mill. في بيئة البحر الأبيض المتوسط.

Mulas, M. 1997. Flower removal time and fruit quality in cactus pea (*Opuntia ficus-indica* Mill.). *Acta Hortic.*, 438: 123–128.فترة إزالة الزهور وجودة الفاكهة في صبار Opuntia ficus-indica Mill.

Mulas, M. & D'Hallewin, G. 1992. Improvement pruning and the effects on vegetative and yield behaviour in prickly pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) cultivar 'Gialla'. *Acta Hortic.*, 296: 139–146.تحسين التقليم والآثار على السلوك الخضري والمحاصيل في الصبار Opuntia ficus-indica Mill. صنف 'جيالا'.

Mulas, M. & D'Hallewin, G. 1997. Fruit quality of four cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) cultivars as influenced by irrigation. *Acta Hortic.*, 438: 115–122. جودة الثمار من أربعة أنواع من صبار Opuntia ficus-indica Mill. مع تأثرها بالري.

Mulas, M., D'Hallewin, G. & Canu, G. 1992. Osservacioni sulla radicazione di cladode di anno di *Opuntia ficus-indica* Mill. *Frutticoltura*, 19: 67–70.

Muñoz de Chávez, M., Chávez, A., Valles, V. & Roldán, J.A. 1995. The Nopal: A plant of manifold qualities. *World Rev. Nutr. Diet.*, 77: 109–134.نوبال: نبات من صفات متعددة.

Nasr, Y. 2015. Cactus pear in Jordan: current status, potential and opportunities. *Acta Hortic.*, 1067: 299–303.الصبار في الأردن: الوضع الحالي، الإمكانات والفرص.

Nasr, Y. & Jamjoum, K. 2002. The performance of *Opuntia ficus-indica* seedlings that resulted from different number of joint mature cladodes at two planting dates. *Acta Hortic.*, 581: 159–163. كفاءة شتلات الصبار التي نتجت عن عدد مختلف من الأجزاء المسطحة الناضجة المشتركة في اثنين من تواريخ الزراعة.

Nazareno, M.A. 2014. Phytochemicals of nutraceutical importance from cactus and their role in human health. In D. Prakash & G. Sharma. *Phytochemicals of nutraceutical importance and their role in human health*, pp. 103–115. Oxford, UK, CABI. 2014 المواد الكيميائية النباتية ذات الأهمية زراعية غذائية من الصبار ودورها في صحة الإنسان.

Ncibi, S., Ben Othman, M., Akacha, A., Krifi, M.N. & Zourgui, L. 2008. Opuntia ficus indica extract protects against chlorpyrifos-induced damage on mice liver. *Food Chem. Toxicol.*, 46: 797–802. حمايات مستخلص الصبار ضد الضرر الناتج عن كلوربيريفوس على كبد الفئران.

Nefzaoui, A. 2009. Cactus: A crop to meet the challenges of climate change in dry areas. *Ann. Arid Zone*, 48: 1–18.الصبار: محصول لمواجهة تحديات تغير المناخ في المناطق الجافة.

Nefzaoui, A. & Ben Salem, H. 2001. *Opuntia* – A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA region. In C. Mondragón Jacobo & S. Pérez González, eds. *Cactus (*Opuntia *spp.) as forage*, pp. 73–90. FAO Plant Production and Protection Paper No. 169. Rome, FAO.الصبار - العلف الاستراتيجي والأداة الفعالة لمكافحة التصحر في منطقة وانا.

Nefzaoui, A. & Ben Salem, H. 2006. Cactus: un banco de alimentos para ganado en entornos áridos y semiáridos. *Cactusnet Newsletter*, 10 [Número Especial]: 41–57.

Nefzaoui, A. & El Mourid, M. 2008. Cash from cactus. *Appropriate Technol.*, 35: 18–20.النقد من الصبار. التقنية المناسبة

Nefzaoui, A. & El Mourid, M. 2009. Cacti: a key stone crop for the development in marginal lands and to combat desertification. *Acta Hortic.*, 811: 365–372.كاكتي: محصول رئيسي للتنمية في الأراضي الهامشية ومكافحة التصحر.

Nefzaoui, A. & El Mourid, M. 2010. Cactus pear for soil and water conservation in arid and semi-arid lands. Improved utilization of cactus pear for food, feed, soil and water conservation and other products in Africa. *Cactusnet Newsletter*, 12 [Special Issue]. 224 pp.2010 الصبار لحفظ التربة والمياه في الأراضي القاحلة وشبه القاحلة. تحسين استخدام الصبار لحفظ الأغذية والأعلاف والتربة والمياه وغيرها من المنتجات في أفريقيا.

Nefzaoui, A., Ketata, H. & El Mourid, M. 2011. Agricultural technological and institutional innovations for enhanced adaptation to environmental change in North Africa. In S.S. Young & S.E. Silvern, eds. *International perspectives on global environmental change*, pp. 57–84. InTech.الابتكارات التكنولوجية والمؤسسية الزراعية لتعزيز التكيف مع التغير البيئي في شمال أفريقيا

Nefzaoui, A., Louhaichi, M. & Ben Salem, H. 2014. Cactus as a tool to mitigate drought and to combat desertification. *J. Arid Land Stud.*, 24(1): 121–124.الصبار كأداة للتخفيف من حدة الجفاف ومكافحة التصحر.

Negesse, T., Makkar, H.P.S. & Becker, K. 2009. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 154: 204–217.القيمة الغذائية لبعض موارد الأعلاف غير التقليدية في إثيوبيا التي تحددها التحاليل الكيميائية وطريقة الغاز في المختبر.

Nelson, E.A., Sage, T.L. & Sage, R.F. 2005. Functional leaf anatomy of plants with Crassulacean acid metabolism. *Funct. Plant Biol.*, 32: 409–419.تشريح ورقة وظيفي من نباتات مع أيبض حمض كراسولاكيان.

Nerd, A. & Mizrahi, Y. 1992. Effect of fertilization on prickly pear production in Israel. In Proceedings of the Third Annual Texas Prickly Pear Council Meeting, Texas A&M University, Kingsville, Texas, USA, pp. 1–6.. تأثير التسميد على إنتاج الصبار في إسرائيل.

Nerd, A. & Mizrahi, Y. 1993. Modern cultivation of prickly pear in Israel. *Acta Hortic.*, 349: 235–237.الزراعة الحديثة للصبار في إسرائيل.

Nerd, A. & Mizrahi, Y. 1994. Effect of nitrogen fertilization and organ removal on rebudding in *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *Sci. Hortic.*, 59: 115–122.تأثير التسميد النيتروجيني وإزالة العضو على التكسير في الصبار Opuntia ficus-indica (L.) Miller.

Nerd, A. & Mizrahi, Y. 1995a. Effect of low winter temperatures on bud break in *Opuntia ficus-indica*. *Adv. Hortic. Sci.*, 9: 1–4.تأثير درجات حرارة الشتاء المنخفضة على كسر البراعم في الصبار Opuntia ficus-indica (L.) Miller..

Nerd, A. & Mizrahi, Y. 1995b. Reproductive biology. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 49–57. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO..البيولوجيا التناسلية. إن جي. باربيرا، بي. إنجليز وإي. بيمينتا باريوس، إدس

Nerd, A. & Mizrahi, Y. 1997. Reproductive biology of cactii. *Hortic. Rev.*, 18: 321–346.. البيولوجيا الإنجابية للصبار.

Nerd, A. & Nobel, P.S. 1991. Effects of drought on water relations and nonstructural carbohydrates in cladodes of *Opuntia ficus-indica*. *Physiol. Plant.*, 81: 495–500.آثار الجفاف على العلاقات المائية والكربوهيدرات غير الهيكلية في الأجزاء المسطحة في الصبار Opuntia ficus-indica..

Nerd, A. & Nobel, P.S. 1995. Accumulation, partitioning and assimilation of nitrate in *Opuntia ficus-indica*. *J. Plant Nutr.*, 18: 2533–2549.تراكم وتقسيم واستيعاب النترات في الصبار Opuntia ficus-indica..

Nerd, A., Karadi, A. & Mizrahi. Y. 1989. Irrigation, fertilisation and polyethylene covers influence bud development in prickly pear. *HortScience*, 24: 773–775.تأثير الري والتسميد وتغطيات البولي ايثيلين على تنمية البرعم في الصبار.

Nerd, A., Karady, A. & Mizrahi, Y. 1991a. Out of season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilization and short droughts on productivity. *HortScience*, 26: 337–342.خارج الموسم: الصبار: خصائص الفاكهة وتأثير التسميد والجفاف القصير على الإنتاجية.

Nerd, A., Karadi, A. & Mizrahi. Y. 1991b. Out-of-season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilisation and short droughts on productivity. *J. Hortic. Sci.*, 26: 527–529.الصبار في غير موسمه: خصائص الفاكهة وتأثير التسميد والجفاف القصير على الإنتاجية.

Nerd, A., Karadi, A. & Mizrahi, Y. 1991c. Salt tolerance of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica*). *Plant Soil (Netherlands)*, 137: 201–207.تحمل الملح من الصبار Opuntia ficus-indica.

Nerd, A., Mesika, R. & Mizrahi, Y. 1993a. Effect of N fertilizer on autumn flush and cladode N in prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *J. Arid Environ.*, 68: 337–342.1993.تأثير التسميد الأزهار بالخريف وجزء مسطح الأسمدة على N في الصبار Opuntia ficus-indica (L.) Miller..

Nerd, A., Mesika, R. & Mizrahi, Y. 1993b. Effect of N fertiliser on autumn floral flush and cladode N in prickly pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. *J. Hortic. Sci.*, 68: 545–550.تأثير الأسمدة على N على فدق الأزهار بالخريف والأجزاء المسطح في الصبار Opuntia ficus-indica (L.) Miller..

Nerd, A., Tel Zur, N. & Mizrahi, Y. 2002. Fruits of vine and columnar cacti. In P.S. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses*, pp. 185–198. Berkeley, CA, USA, University of California Press.فواكه كرمة وصبار عمودي.

Newbold, C.J., Lopez, S., Nelson, N., Ouda, J.O., Wallace, R.J. & Moss, A.R. 2005. Propionate precursors and other metabolic intermediates as possible alternative electron acceptors to methanogenesis in ruminal fermentation *in vitro*. *Br. Food J.*, 94: 27–35.مواد منتجة للبروبيونات وغيرها من المركبات الوسيطة الأيضية الأخرى كمستقبلات إلكترون بديلة متاحة لتوليد الميثان في التخمير داخل البطن في المختبر.

Nieddu, G. & Spano D. 1992. Flowering and fruit growth in *Opuntia ficus-indica*. *Acta Hor-tic.*, 296: 153–159.نمو الأزهار والفاكهة في صبار Opuntia ficus-indica.

Nobel, P.S. 1982. Orientation, PAR interception and nocturnal acidity increases for terminal cladodes of a widely cultivated cactus *Opun-tia ficus-indica*. *Am. J. Bot.*, 69: 1462–1469.. التوجيه، اعتراض بار وتزايد الحموضة الليلية للأجزاء المسطحة الطرفية بالصبار المزروعة على نطاق واسع في صبار Opuntia ficus-indica.

Nobel, P.S. 1983. Nutrient levels in cacti: relation to nocturnal acid accumulation and growth. *Am. J. Bot.*, 70: 1244–1253.مستويات المغذيات في الصبار: العلاقة بتراكم الحمض الليلي والنمو.

Nobel, P.S. 1988. *Environmental biology of agaves and cacti*. Cambridge, NY, USA, Cam-bridge University Press. 270 pp.الخصائص الحيوية البيئية من للأغاف والصبار.

Nobel, P.S. 1991. Tansley Review No. 32. Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C 3 and C 4 plants. *New Phytol.*, 119: 183–205.إنتاجية قابلة للتحقيق من بعض النباتات "كام": أساس للقيم العالية مقارنة بالنباتات C3و C4.

Nobel, P.S. 1994. *Remarkable agaves and cacti*. New York, USA, Oxford University Press. 180 pp.أغاف والصبار الاستثنائي.

Nobel, P.S. 1995. Environmental biology. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 36–48. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO.الخصائص الحيوية البيئية. إن جي. باربيرا، بي. إنجليز وإي. بيمينتا باريوس، إدس. أغرو

Nobel, P.S. 1998. *Los incomparables agaves y cactus*. Mexico, Editorial Trillas. 211 pp.

Nobel, P.S. 2001. Ecophysiology of Opuntia ficus-indica. In C. Mondragón Jacobo & S. Pérez González, eds. *Cactus (Opuntia spp.) as forage*, pp. 13–19. FAO Plant Protection and Production Paper No. 169. Rome, FAO.الفسيولوجية البيئية لصبار Opuntia ficus-indica في سي. موندراجون جاكوبو وإس. بيريز جونزاليز، إدس.

Nobel, P.S. 2002. Cactus physiological ecology, emphasazing gas exchange of Platyopuntias fruit. *Acta Hortic.*, 58: 143–150.الفسيولوجية البيئية للصبار، تشديد تبادل الغاز من فاكهة بلاتيوبونتياس.

Nobel, P.S., ed. 2002. *Cacti: Biology and uses*. Berkeley, CA, USA, University of California Press. 280 pp.الصبار: الخصائص الحيوية والاستخدامات.

Nobel, P.S. 2006. Parenchyma-chlorenchyma water movement during drought for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. *Ann. Bot.*, 97: 469–474.حركة المياه البرنشيمة-النسيج اليخضوري أثناء الجفاف لصبار النباتي الهوائي

Nobel, P.S. 2009. *Desert wisdom, agaves and cacti, CO_2 water, climate change*. New York, USA, iUniverse. 198 pp.حكمة الصحراء، أغاف والصبار، أكسيد الكربون، المياه، تغير المناخ.

Nobel, P.S. & Bobich, E.G. 2002. Environmental biology. In P.S. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses*, pp. 57–74. Berkeley, CA, USA, Uni-versity of California Press.الخصائص الحيوية البيئية. في بي. إس. نوبيل، إد

Nobel, P.S. & Castaneda, M. 1998. Seasonal light and temperature influences on organ initiation for unrooted cladodes of prickly pear cactus *Opuntia ficus-indica*. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 123: 47–51.تأثير الضوء ودرجة الحرارة الموسمية على بداية العضو بالأجزاء المسطحة بدون جذورصبار Opuntia ficus-indica

Nobel, P.S. & De la Barrera, E. 2003. Tolerances and acclimation to low and high temperatures for cladodes, fruits and roots of a widely cultivated cactus, *Opuntia ficus-indica*. *New Phytol.*, 157: 271–279.التحمل والتأقلم مع درجات الحرارة المنخفضة والعالية للأجزاء المسطحة والفواكه وجذور الصبار المزروعة على نطاق واسع

Nobel, P.S. & De la Barrera, E. 2004. CO_2 uptake by the cultivated hemiepiphytic cactus, *Hyloce-reus undatus*. *Ann. Appl. Biol.*, 144: 1–8.امتصاص CO2 من الصبار النباتي الهوائي المزروع

Nobel, P.S. & García de Cortázar, V. 1991. Growth and predicted productivity of opuntia ficus-indica for current and elevated carbón dioxide. *Agron. J.*, 83: 224–230.النمو والإنتاجية المتوقعة للصبار لثاني أكسيد الكربون الحالي والمرتفع.

Nobel, P.S. & Hartsock, T.L. 1983. Relationships between photosynthetically active radiation, nocturnal acid accumulation, and CO_2 uptake for a crassulacean acid metabolism plant, *Opuntia ficus-indica*. *Plant Physiol.*, 71: 71–75.العلاقات بين الإشعاع النشط المخلق ضوئياً، تراكم الحمض الليلي، وامتصاص ثاني أكسيد الكربون لنبات أيض حمض الكراسولاسين

Nobel, P.S. & Hartsock, T.L. 1984. Physiological responses of *Opuntia ficus-indica* to growth temperature. *Physiol. Plant.*, 60: 98–105.الاستجابات الفسيولوجية لصبار Opuntia ficus-indica لدرجة حرارة النمو

Nobel, P.S. & Israel, A.A. 1994. Cladode development, environmental responses of CO_2 uptake, and productivity for *Opuntia ficus-indica* under elevated CO_2. *J. Exp. Bot.*, 45: 295–303.تطوير الجزء المسطح، الاستجابات البيئية لامتصاص ثاني أكسيد الكربون، والإنتاجية لصبار Opuntia ficus-indica تحت ثاني أكسيد الكربون المرتفع

Nobel, P.S., Geller, G.N., Kee, S.C. &Zimmerman, A.D. 1986. Temperatures and thermal tolerance for cacti exposed to high temperatures near the soil surface. *Plant Cell Env.*, 9: 279–287.درجات الحرارة والتحمل الحراري للصبار المعرض لدرجات حرارة عالية بالقرب من سطح التربة.

Nobel, P.S., Russel, C.E., Felker, P., Medina, J.G. & Acunã, E. 1987. Nutrient relations and productivity of prickly pear cacti. *Agron. J.*, 79(3): 550–555.علاقات المغذيات والإنتاجية من الصبار.

Nobel, P.S., Cavelier, J. & Andrade, J.L. 1992. Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations *J. Exp. Bot.*, 43(250): 641–648.الصمغ في الصبار: سعة الاشتقاق المرن، المذيبات المرتبطة بها، والتأثير على علاقات المياه بالأنسجة .

Nobel, P.S., De la Barrera, E., Beilman, D.W., Doherty, J.H. & Zutta, B.R. 2002. Temperature limitations for cultivation of edible cacti in California. *Madroño*, 49: 228–236.حدود درجة الحرارة لزراعة الصبار الصالح للأكل في كاليفورنيا.

North, G.B. & Nobel, P.S. 1992. Drought-induced changes in hydraulic conductivity and structure in roots of *Ferocactus acanthodes* and *Opuntia ficus-indica*. *New Phytol.*, 120: 9–19. التغيرات الناجمة عن الجفاف في الموصلية الهيدروليكية والهيكلية في جذور فيانوكتوس أكانثوديس و صبار Opuntia ficus-indica.

North, G.B., Huang, B. & Nobel, P.S. 1993. Changes in structure and hydraulic conductivity for root junctions of desert succulents as soil water status varies. *Bot. Acta*, 106: 126–135. التغيرات في البنية والتوصيل الهيدروليكي لوصلات الجذور للنباتات الصحراوية تبعاً لتباين حالة الماء في التربة.

North, G.B., Moore, T.L. & Nobel, P.S. 1995. Cladode development for *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae) under current and doubled CO_2 concentrations. *Am. J. Bot.*, 82: 159–166. تكوين تحت تأثير التركيزات(Cactaceae) السيقان الورقية لصبار والمضاعفة من ثاني أكسيد الكربون.

Northcutt, G. 2001. *Some downwind costs of upwind erosion* (available at http://72.3.251.71/EC/Editorial Some_Downwind_Costs_of_Upwind_Erosion_4833.aspx). بعض تكاليف حالة اتجاه الريح للتآكل عكس اتجاه الريح

Novoa, S. 2006. Sobre el origen de la tuna en el Perú. Algunos alcances. *Zonas Áridas*, 10: 174–181.

Novoa, A., Le Roux, J.J., Robertson, M.P., Wilson, J.R.U. & Richardson, D.M. 2014. Introduced and invasive cactus species: a global review. *AoB Plants*, 1–14. الذي تم cactus نوع صبار إدخاله والاجتياحي: رؤية استعراضية عالمية.

Novoa, A., Rodriguez, J., López Nogueira, A., Richardson, D.M. & González, L. 2016. Seed characteristics in Cactaceae: useful diagnostic features for screening species for invasiveness. *S. Afr. J. Bot.*, 105: 61–65. DOI: 10.1016/j.sajb.2016.01.003. خصائص البذور في السمات التشخيصية المفيدة لفحص فصيلة Cactaceae: الأنواع للتأكد من الاجتياح

Obón, J., Castellar, M., Alacid, M. & Fernández López, J. 2009. Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. *J. Food Eng.*, 90: 471–479. إنتاج تلوين الطعام الأحمر الأرجواني من فواكه Opuntia stricta عن طريق التجفيف بالرش وتطبيقه في نظم نموذج الغذاء

Ochoa, M.J. 2003. Cactus pear (*Opuntia* spp.) varieties: main characteristics in Republic Argentina. *Cactusnet Newsletter* (July 2003). 31 pp. الخصائص أصناف Cactus pear (Opuntia spp.): الأساسية في جمهورية الأرجنتين

Ochoa, M.J. 2006. Manejo de los tunales hacia un sistema de aprovechamiento integral. Aprovechamiento integral de la tuna. *Cactusnet Newsletter*, 10 [Número Especial]: 64–72.

Ochoa, J. 2008. Cactus pear (*Opuntia* spp.) varieties: main characteristics of Republica Argen-tina. *Cactusnet Newsletter*, 8. 32 pp. الخصائص أصناف Cactus pear (Opuntia spp.): الأساسية في جمهورية الأرجنتين

Ochoa, M.J. & Uhart, S.A. 2006a. Nitrogen availability and fruit yield generation in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*): I. Effects on cladode area and crop solar radiation interception. *Acta Hortic.*, 728: 117–123. توافر النيتروجين وتوليد محصول الفاكهة في صبار cactus pear (Opuntia ficus-indica): "1. التأثيرات على منطقة السيقان الورقية وتقاطع الإشعاع الشمسي على المحصول.

Ochoa, M.J. & Uhart, S.A. 2006b. Nitrogen availability and fruit yield generation in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*): II. Effects on solar radiation use efficiency and dry matter accumulation. *Acta Hortic.*, 728: 125–130. توافر النيتروجين وتوليد محصول الفاكهة في صبار cactus pear (Opuntia ficus-indica): "2. التأثيرات على كفاءة استخدام الإشعاع الشمسي وتراكم المادة الجافة.

Ochoa, M.J. & Uhart, S.A. 2006c. Nitrogen availability and fruit yield generation in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*): III. Effects on fruit yield and dry matter allocation to reproductive sinks. *Acta Hortic.*, 728: 131–136. توافر النيتروجين وتوليد محصول الفاكهة في صبار cactus pear (Opuntia ficus-indica): "3. التأثيرات على محصول الفاكهة وتخصيص المادة الجافة على أحواض التكاثر.

Ochoa, M.J. & Uhart, S.A. 2006d. Nitrogen availability and fruit yield generation in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*): IV. Effects on fruit quality. *Acta Hortic.*, 728: 137–144. توافر النيتروجين وتوليد محصول الفاكهة في صبار cactus pear (Opuntia ficus-indica): "4. التأثيرات على جودة الفاكهة.

Ochoa, M.J., Leguizamon, G. & Uhart, S.A. 2002. Effects of nitrogen availability on cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill.) postharvest quality. *Acta Hortic.*, 581: 225–230. تأثيرات توافر النيتروجين على جودة ما بعد الحصاد على صبار cactus pear (Opuntia ficus-indica L. Mill.).

Ochoa, M.J., Targa, M.G., Abdala, G. & Leguizamon, G. 2009. Extending fruiting season of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) in Santiago del Estero, Argentina. *Acta Hortic.*, 811: 87–90.. تمديد موسم فواكه cactus pear (Opuntia ficus-indica (L.) Miller) في سانتياغو ديل استيرو، الأرجنتين.

Ochoa, M.J., Lobos, E., Portillo, L. & Viguer-as, A.L. 2015a. Importance of biotic factors and impact on cactus pear production system. *Acta Hortic.*, 1067: 327–334. أهمية العوامل الحيوية وتأثيرها على نظام إنتاج صبار cactus pear.

Ochoa, M.J., Rivera, L.A., Arteaga Garibay, R.I., Martínez Peña, M.D., Ireta, J. & Portillo, L. 2015b. Black spot caused by *Pseudocercospora opuntiae* in cactus pear productive systems of Jalisco, Mexico. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 17: 1–12.. البقعة السوداء الناتجة بواسطة "Pseudocercospora opuntiae في نظم إنتاج صبار cactus pear في خاليسكو، المكسيك.

Ochoa Velasco, C.E. & Guerrero Beltràn, J.A. 2014. Postharvest quality of peeled prickly pear fruit treated with acetic acid and chitosan. *Postharvest Biol. Technol.*, 92: 139–145. جودة فاكهة صبار المقشور المعالج بحمض أسيتيك وشيتوسان.

ODEPA (Office of Agricultural Studies and Policies). 2015a. *Precios* (available at http://www.odepa.cl/precios). مكتب السياسات والدراسات الزراعية

ODEPA. 2015b. *Comercio exterior* (available at http://www.odepa.cl/estadisticas/comercio-exterior/).

ODEPA–CIREN (Natural Resources Centre). 2013. *Catastro de superficie frutícola regional: Maule* (available at http://www.odepa.cl/catastros-de-superficie-fruticola-regional/).

ODEPA–CIREN. 2014. *Catastro de superficie frutícola regional: Región Metropolitana* (available at http://www.odepa.cl/catastros-de-superficie-fruticola-regional).

ODEPA–CIREN. 2015a. *Catastro de superficie frutícola regional: Atacama* (available at http://www.odepa.cl/catastros-de-superficie-fruticola-regional/).

ODEPA–CIREN. 2015b. *Catastro de superficie frutícola regional: Coquimbo* (available at http://www.odepa.cl/catastros-de-superficie-fruticola-regional/).

ODEPA–CIREN. 2015c. *Catastro de superficie frutícola regional: O'Higgins* (available at http://www.odepa.cl/catastros-de-superficie-fruticola-regional).

Odoux, E. & Domínguez López, A. 1996. Le figuier de barbarie: une source industrielle de betalaines? *Fruits*, 51(1): 61–78.

Oelofse, R.M., Labuschagne, M. & Potgieter, J.P. 2006. Plant and fruit characteristics of cactus pear (*Opuntia* spp.) cultivars in South Africa. *J. Sci. Food Agric.*, 86: 1921–1925. الخصائص النباتية والفاكهة الخاصة بأصناف صبار (Opuntia spp.) في جنوب أفريقيا.

OEP (Office of Livestock and Pasture). 2016. *Stratégie nationale d'amélioration pastorale* Tunisia, Ministry of Agriculture. الاستراتيجية الوطنية لتطوير قطاع تربية الماشية

Oliveira, E.P., Cavalcanti, V.A.L.B. & Coelho R.S.B. 2003. Ocorrência de *Macrophomina phaseolina* em palma forrageira no semiárido de Pernambuco. *Fitopatol. Bras.*, 26 [Suplemento]: 221.

Oh, P.H. & Lim, K.T. 2006. Glycoprotein (90kCa) isolated from *Opuntia ficus-indica* var. Saboten Makino lowers plasma lipid level through scavenging of intracellular radicals in triton WR-1339-induced mice. *Biol. Pharm. Bull.*, 29: 1391–1396. جليكوبروتين (90 كيلو سعر) معزول من صنف Opuntia ficus-indica. سابوتين ماكينو يقلل من مستوى الدهون في البلازما من خلال كسح الشقوق داخل الخلايا في فئران مستحثة بـ WR-1339 تريتون.

Oliveira, V.S., Ferreira, M.A., Guim, A., Modesto, E.C., Arnaud, B.L. & Silva, F.M. 2007. Effects of replacing corn and Tifton hay with forage cactus on milk production and composition of lactating dairy cows. *Rev. Bras. Zootec.*, 36(4): 928–935. تأثيرات استبدال قش الذرة وتيفتون مع صبار العلف على إنتاج الحليب وتكوين الأبقار الألبان المرضعات.

Oliveri, C., Campisano, A., Catara, A. & Cirvilleri, G. 2007. Characterization and fAFLP genotyping of *Penicillium* strains from postharvest samples and packinghouse environments. *J. Plant Pathol.*, 89: 29–40. توصيف وتنميط لسلالات البنسيلين من عينات ما بعد الحصاد وأوساط fAFLP بيت التعبئة.

Olson, J.C. & Jacoby, J. 1972. Cue utilization in the quality perception process. In M. Venkatesan, ed. Proceedings of the Third Annual Conference of the Association for Consumer Research, Chicago, pp. 167–179. استخدام التلميح في عملية إدراك الجودة. في M. Ven- katesan،

Orona Castillo, I., Flores Hernández, A., Rivera González, M., Martínez, G. & Espinosa Arellano, J.J. 2003. Productividad del agua en el cultivo de nopal con riego por goteo en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*, 21(2): 195–201.

Osada, K.S. & Cárcamo, R.A. 1991. *Etiología de la mancha negra del nopal*. Memorias de Resúmenes, Congreso Nacional de Fitopatología. Sociedad Mexicana de Fitopatología, Mexico. 28 pp.

Osmond, C.B., Nott, D.L. & Firth, P.M. 1979. Carbon assimilation patterns and growth of the introduced CAM plant *Opuntia inermis* in Eastern Australia. *Oecologia*, 40: 331–350. أنماط تمثيل الكربون ونمو Opuntia inermis لنبات تم إدخاله في شرق أستراليا CAM

Osmond, B., Neales, T. & Stange, G. 2008. Curiosity and context revisited: crassulacean acid metabolism in the Anthropocene. *J. Exp. Bot.*, 59(7): 1489–1502. الفضول والبيئة التي تم تفتيشها: أيض حمض كراسولاسيان في الأنثروبوسين.

Otálora, M.C., Carriazo, J.G., Iturriaga, L., Nazareno, M.A. & Osorio, C. 2015. Microencapsulation of betalains obtained from cactus fruit (*Opuntia ficus-indica*) by spray drying using cactus cladode mucilage and maltodextrin as encapsulating agents. *Food Chem.*, 187: 174–181. التغليف الدقيق للبيتالينات التي تم الحصول عليها من فاكهة الصبير (Opuntia ficus-indica) بواسطة التجفيف بالرش باستخدام الصمغ النباتي لسيقان ورق الصبير ومالتودكسترين كعوامل تغليف.

Ouerghemmi, I. Bourgou, S., Mejri, H., Marzouk, B. & Saidini Tounsi, M. 2013. Study of essential and fixative oil chemical composition extracted from *Opuntia ficus-indica* seeds grown in Tunisia and its antioxidant activity. *Riv. Ital. Sostanze Grasse*, 90: 21–30. دراسة التركيبة الكيميائية الأساسية والتثبيتية المستخرجة من بذور نبات Opuntia ficus-indica التي تزرع في تونس ونشاطها المضاد للأكسدة.

Ouled Belgacem, A. & Louhaichi, M. 2013. The vulnerability of native rangeland plant species to global climate change in the West Asia and North African regions. *Clim. Change*, 119: 451–463. ضعف أنواع نباتات المراعي المحلية في تغير المناخ العالمي في منطقتي غرب آسيا وشمال أفريقيا.

Ovalle Rivera, O., Läderach, P., Bunn, C., Obersteiner, M. & Schroth, G. 2015. Projected shifts in *Coffea Arabica* suitability among major global producing regions due to climate change. *PLosOne*, 10: e0124155. التحولات المتوقعة في ملاءمة بن القهوة العربية بين المناطق الرئيسية المنتجة عالميا بسبب تغير المناخ.

Özcan, M. & Al Juhaimi, F. 2011. Nutritive value and chemical composition of prickly pear seed (*Opuntia ficus-indica* L.) growing in Turkey. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 62(5): 533–536. القيمة الغذائية والتركيب الكيميائي لبذور صبار (Opuntia ficus-indica L.) التي تنمو في تركيا.

Padilla, F.M. & Pugnaire, F.I. 2006. The role of nurse plants in the restoration of degraded en-vironments. *Front Ecol. Environ.*, 4: 196–202. دور النباتات الحاضنة في استعادة البيئات المتحللة.

Palma, A., Schirra, M., D'Aquino, S., La Malfa, S. & Continella, A. 2015. Effect of edible coating on ascorbic acid, betalains, organic acids, sugar, polyphenol content and antioxidant activity in minimally processed cactus pears (*Opuntia ficus-indica*). *Acta Hortic.*, 1067: 127–133.. تأثير تغليف الطعام القابل للأكل على حمض الأسكوربيك، بيتالينات، والأحماض العضوية والسكر ومحتوى البولي فينول والنشاط المضاد للأكسدة في صبار المعالج (Opuntia ficus-indica).

Palomares Perez, M. 2011. *La chinche roja* Hesperolabops nigriceps *Reuter (Hemiptera: Miridae), y su relación con el "cacarizo del nopal", en Milpa Alta, Ciudad de México*. Montecillo, Texcoco, Mexico State, Postgraduate College (Doctorate thesis). 86 pp.

Palomino, G. & Heras, H.M. 2001. Karyotypic studies in *Opuntia cochinera*, *O. hyptiacantha*, and *O. strepthacantha* (Cactaceae). *Cary-ologia*, 54: 147–154. دراسات النمط النووي في Opuntia cochinera، O. hyptiacantha، و O. strepthacantha (Cactaceae)

Pannitteri, C., Scuderi, G., Continella, A., La Malfa, S., D'Aquino, S. & Palma, A. 2015. Effectiveness of technological treatments for shelf-life extension of ready-to-eat cactus pear fruits. *Acta Hortic.*, 1067: 97–102. فعالية العلاجات التكنولوجية لتمديد العمر الافتراضي لثمار صبار الجاهز للأكل.

Pareek, O.P., Singh, R.S. & Vashishtha, B.B. 2003. Performance of cactus pear (*Opuntia fi-cus-indica* (L.) Mill) clones in hot arid region of India. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 5: 121–130. أداء صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill) النسائل في المنطقة القاحلة الساخنة في الهند.

Parish, J. & Felker, P. 1997. Fruit quality and production of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones selected for increased frost hardiness. J. Arid Environ., 37: 123–143. نوعية الثمار وإنتاج نسائل صبار (Opuntia spp.) مختارة لزيادة صلابة ضد الصقيع.

Passioura, J.B. 1988. Water transport in and to roots. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 39: 245–256. النقل المائي في وإلى الجذور.

Paterson, I.D., Hoffmann, J.H., Klein, H., Mathenge, C.W., Neser, S. & Zimmermann, H.G. 2011. Biological Control of Cactaceae in South Africa. *Afr. Entomol.*, 19(2): 230–246. المكافحة البيولوجية للكاكاسيسي في جنوب أفريقيا.

Pemberton, R.W. 1995. *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in the United States. An immigrant biological control agent or an introduction of the nursery industry? *Am. Entomol.*, 41: 230–232. Cactoblastis cactorum (Lepidoptera: Pyralidae) في الولايات المتحدة. عامل مكافحة بيولوجية مهاجر أم مقدمة في صناعة الحضانة؟

Pensabén, E.M., Ramírez C., M.A. & Herrera, A. 1995. Efecto del tiempo de precocido y del tipo de solución empleada para la eliminación de las pectinas hidrosolubles contenidas en el nopal (*Opuntia leucotricha* De Candolle). In E. Pimienta Barrios, C. Neri Luna, A. Muñ Urias & F.M. Huerta Martínez. *Conocimiento y aprovechamiento del nopal*, pp. 16–18. Memorias del 6to. Congreso Nacional y 4to. Congreso Internacional, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

Pérez, M.R., Rodríguez, M. & Martínez, M.C. 1999. Elaboración de vinagre de tuna amarilla "Naranjona o Pico Chulo". En Memoria VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 6–10 September, San Luis Potosí, Mexico, pp. 68–69.

Pettey, F.W. 1948. *The biological control of prickly pear in South Africa*. Science Bulletin No. 271. Department of Agriculture of the Union of South Africa. 163 pp. المكافحة البيولوجية للصبار في جنوب أفريقيا.

Pettinari, C. 1951. Una fusariosi su radici di *Opuntia ficus-indica*. *Boll. Stn. Patol. Veg.*, 61–67.

Piga, A. 2004. Cactus Pear: A fruit of nutraceutical and functional importance. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 6: 9–22. نبات الصبار: فاكهة ذات أهمية غذائية ووظيفية.

Piga, A., D'Aquino, S., Agabbio, M. & Schirra, M. 1996. Storage life and quality attributes of cactus pears cv 'Gialla' as affected by packaging. *Agr. Med.*, 126: 423–427. نبات الصبار: فاكهة ذات أهمية غذائية ووظيفية.

Piga, A, D'Hallewin, G., D'Aquino, S. & Agabbio, M. 1997. Influence of film wrapping and UV irradiation on cactus pear quality after storage. *Packag. Technol. Sci.*, 10: 59–68. تأثير التفاف الغشاء والأشعة فوق البنفسجية على جودة الصبار بعد التخزين.

Piga, A., D'Aquino, S., Agabbio, M., Emonti, G. & Farris, G. 2000. Influence of storage temperature on shelf-life of minimally processed cactus pear fruit. *Lebensm.-Wiss. Tech-nol.*, 33: 15–20. تأثير درجة حرارة التخزين على العمر الافتراضي لثمار الصبار المعالجة.

Pimentel González, D.J. 2013. Manejo poscosecha del nopal. In *Tecnología poscosecha y efectos biofuncionales del nopal y la tuna*, pp. 87–114. Mexico, Ed. Trillas.

Pimienta Barrios, E. 1986. *Establecimiento y manejo de plantaciones de nopal tunero en Zacatecas*. Campo Agricola Experimental Zacatecas Publicacion Especial 5. INIFAP, SARH.

Pimienta Barrios, E. 1990. *El nopal tunero*. Mexico, Universidad de Guadalajara. 246 pp.

Pimienta Barrios, E. 1994. Prickly pear (*Opuntia* spp.): a valuable fruit crop for the semiarid lands of Mexico. *J. Arid Environ.*, 28: 1–11.. محصول ثمار قيمة للأراضي شبه صبار (Opuntia spp.): القاحلة في المكسيك.

Pimienta Barrios, E. & Engleman, E.M. 1985. Desarrollo de la pulpa y proporción, en volumen de los componentes del lóculo maduro en tuna (*Opuntia ficus indica* (L)) Miller). *Agrociencia*, 62: 51–56.

Pimienta Barrios, E. & Mauricio, L. 1989. Variacìon en componentes del frutomaduroentreformas de nopal (*Opuntia* spp.) tunero. *Rev. Fitotec. Mex.*, 12: 183–196.

Pimienta Barrios, E. & Munoz Urias, A. 2002. Domestication of Opuntias and cultivated varieties. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 58–63. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO. تدجين Opuntias والأصناف المزروعة.

Pimienta Barrios, E., Zañudo, J., Yepez, E., Pimienta Barrios, En. & Nobel, P.S. 2000. Seasonal variation of net CO_2 uptake for cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and pitayo (*Stenocereus queretaroensis*) in a semi-arid environment. *J. Arid Environ.*, 44: 73–83. التباين الموسمي لامتصاص ثاني أكسيد الكربون الصافي لصبار (Opuntia ficus-indica) و pitayo (Stenocereus queretaroensis) في بيئة شبه قاحلة

Pimienta Barrios, E., Zañudo Hernàndez, J. & Nobel. P.S. 2005. Effects of young cladodes on the gas exchange of basal cladodes of *Opuntia ficus-indica* (Cactaceae) under wet and dry conditions. *Int. J. Plant Sci.*, 166: 961–968. تأثير السيقان الورقية حديثة النمو على تبادل الغاز للسيقان الورقية القاعدية من Opuntia ficus-indica (Cactaceae) تحت ظروف رطبة وجافة.

Pimienta Barrios, E., Castillo Cruz, I., Zañudo Hernández, J., Méndez Morán, L. & Nobel, P.S. 2007. Effects of shade, drought and daughter cladodes on the CO_2 uptake by cladodes of *Opuntia ficus-indica*. *Ann. Appl. Biol.*, 151: 137–144. آثار الظل والجفاف والسيقان الورقية الفرعية على امتصاص ثاني أكسيد الكربون بواسطة السيقان الورقية لفصيلة Opuntia ficus-indica.

Piña, I. 1977. *La grana o cochinilla del nopal*. Monografías LANFI. No. 1. Mexico, D.F. 54 pp.

Piña, I. L. 1981. Observaciones sobre la grana y sus nopales hospederos en el Perú. *Cact. Suculentas Mex.*, 26(1): 10–15.

Pinkava, D.J. 2002. Chromosome numbers of the continental North American Opuntioideae (Cactaceae). *Succ. Plant Res.*, 6: 78–98. أعداد الكروموزومات لفصيلة Opuntioideae (Cactaceae).

Pinkava, D.J. & Parfitt, B.D. 1982. Chromosome numbers in some cacti of North America IV. *Bull. Torrey Bot. Club*, 109: 121–128. أعداد الكروموزومات لفصيلة cacti بأمريكا الشمالية في بعض فصائل.

Pinkava, D.J., McLeod, M.G., McGill, L.A. & Brown, R.C. 1973. Chromosome numbers in some cacti of Western North America II. *Brittonia*, 25: 2–9. أعداد الكروموزومات لفصيلة في بعض فصائل cacti 2 بأمريكا الشمالية الغربية.

Pinkava, D.J., Baker, M.A., Parfitt, B.D., Mohlenbrock, M.W. & Worthington, R.D. 1985. Chromosome numbers in some cacti of North America V. *Syst. Bot.*, 10: 471–483. أعداد الكروموزومات في بعض فصائل cacti 5 بأمريكا الشمالية

Pinkava, D.J., Parfitt, B.D., Baker, M.A. & Worthington, R.D. 1992. Chromosome numbers in some cacti of North America VI, with nomenclatural changes. *Madroño*, 39: 98–113.. أعداد الكروموزومات في بعض فصائل cacti بأمريكا الشمالية 6

Pinos Rodríguez, J.M., Velázquez, J.C., González, S.S., Aguirre, J.R., García, J.C., Álvarez, G. & Jasso, Y. 2010. Effects of clado-de age on biomass yield and nutritional value of intensively produced spineless cactus for ruminants. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 40: 245–250. آثار عمر السيقان الورقية على محصول الكتلة الحيوية والقيمة التغذوية للصبار عديم الشوك المنتج على نحو مكثف للحيوانات المجترة.

Pitalua, A., Jiménez, E., Vernon Carter, C. & Beristain, C. 2010. Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. *Food Bioprod. Process.*, 88: 253–258. نشاط مضادات الأكسدة من الكبسولات الدقيقة مع عصير الشمندر باستخدام الصمغ العربي كمواد حاجزة.

Pluenneke, R.H. 1990. Prickly work at the R.W. Williams Ranch in Dimmit County Texas in the 1960s. In Proceedings of the First Annual Texas Prickly Pear Council, Kingsville, Texas, USA, pp. 22–26. تأثير الأشواك في مزرعة آر. دبليو. ويليامز في مقاطعة ديميت تكساس في الستينيات.

Portillo, L. 2005. Origen de *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae): ¿Norte o Sudamérica? *Dugesiana*, 12: 1–8.

Portillo, L. 2009. Biogeography of Dactylopiidae and human factor. *Acta Hortic.*, 811: 235–240. الجغرافيا الحيوية لفصيلة Dactylopiidae والعامل البشر.

Portillo, L. & Vigueras, A.L. 2003. *Cría de grana cochinilla*. Litográfica Montes. Mexico, University of Guadalajara. 51 pp.

Portillo, L., Vigueras, A.L. & Zamarripa, F. 1992. El método Ricci: Una nueva técnica de infestación para la coccidocultura. En Memorias de Resúmenes 5º Congreso Nacional y 3º Internacional Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Chapingo, Mexico, pp. 77–78.

Potgieter, J.P. 1997a. Seasonal guide for the cultivation of spineless cactus pear for fruit production. *Cactus Pear News*, Sept.: 4. الدليل الموسمي لزراعة الصبار الخالي من الشوك لإنتاج الثمار .

Potgieter, J.P. 1997b. Belangrike eienskappe van aanbevole turksvyvarieteite. *Cactus Pear News*, Nov.: 6–8.

Potgieter, J.P. 2001. *Guidelines for the cultivation of cactus pears for fruit production*. Fourth Revised Edition. Sinoville, South Africa, Group 7 Trust Printers. 16 pp. إرشادات لزراعة نبات الصبار لإنتاج الثمار.

Potgieter, J.P. 2007. *The influence of environmental factors on spineless cactus pear (*Opuntia *spp.) fruit yield in Limpopo Province, South Africa*. Bloemfontein, South Africa, University of the Free State (MSc thesis). 120 pp. تأثير العوامل البيئية على الصبار الخالي من الشوك (Opuntia spp.)

Potgieter, J.P. & Mashope, B.K. 2009. Cactus pear (*Opuntia* spp.) germplasm conservation in South Africa. *Acta Hortic.*, 811: 47–54.حفظ الجرثومة البلازمية لصبار (Opuntia spp.)

Potgieter, J.P. & Mkhari, J.J. 2000. Effects of N,P,K and lime application on cactus pear (*Opuntia* spp.) fruit yield and quality under rain fed conditions in South Africa. Abstract Fourth International Congress on Cactus Pear and Cochineal, Hammamet, Tunisia. 37 pp. تأثير تطبيق N,P,K، الجير على محصول وجودة ثمار صبار (Opuntia spp.) تحت الظروف التي يتم تغذيتها بالمطر في جنوب أفريقيا.

Potgieter, J.P. & Smith, M. 2006. Genotype × environment interaction in cactus pear (*Opuntia* spp.), additive main effects and multiplicative interaction analysis for fruit yield.النمط الجيني × التفاعل البيني في صبار (Opuntia spp.)، تحليل التأثيرات الرئيسية المضافة والتفاعل التضاعفي لمحصول الثمار.

Prakash, D. & Gupta, K.R. 2009. The antioxidant phytochemicals of nutraceutical importance. *Open Nutraceuticals J.*, 2: 20–35.المواد الكيميائية النباتية المضادة للأكسدة ذات الأهمية المغذية كدواء.

Pretorius, C.C., Rethman, N.F.G. & Wessels, A.B. 1997. Invloed van besproeingspeil op die opbrengs en voedingswaarde van die cultivars *Opuntia ficus-indica* as veevoer. *Appl. Plant Sci.*, 11: 53–55.

Prieto, C., Sáenz, C., Silva, P. & Loyola, E. 2009. Balsamic type vinegar from coloured ecotypes of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *Acta Hortic.*, 811: 123–126. الخل من النوع البلسمي من الأنماط البيئية الملونة لصبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.).

Quezada Salinas, J., Sandoval Islas, S., Alvarado Rosales, D. & Cardenas Soriano, E. 2006. Etiología de la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill) en Tlanepantla, Moreles, Mexico. *Agrociencia*, 40: 641–653.

Quispe, L. 1983. Métodos de infestación artificial de la cochinilla del carmín *Dactylopius coccus* Costa. En I Seminario Departamental de Producción y Fomento de la Tuna y Cochinilla. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, pp. 68–70.

Al Qurashi, A.D. & Awad, M.A. 2012. Postharvest salicylic acid treatment reduces chilling injury of 'Taify'cactus pear fruit during cold stor-age. *J. Food, Agric. Environ.*, 10: 120–124.المعالجة فيما بعد الحصاد بحمض الصفصاف يقلل من خلال التخزين 'Taify'cactus إصابة البرد لثمار صبار البارد.

Raabe, R.D. & Alcon, S.M. 1968. Armillaria root and stem rot of prickly pear cactus. *Phytopathology*, 58: 1036–1037.عفن أرميلاريا الجذرية والجذر الجذعية للصبير الشائك.

Rai, P., Rai, C., Majumdar, G.C., Das Gupta, S. & De, S. 2006. Resistance in series model for ultrafiltration of mosambi (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) juice in a stirred continuous mode. *J. Membrane Sci.*, 283: 116–122.المقاومة في سلسلة نموذج للترشيح الفائق من عصير mosambi (Citrus sinensis (L.) Osbeck) في وضع تقليب مستمر.

Ramadan, M.F. & Mörsel, J.T. 2003a. Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Food Chem.*, 83: 339–345.صبار (Opuntia ficus-indica L.).للزيت (Opuntia ficus-indica

Ramadan, M.F. & Mörsel, J.T. 2003b. Recovered lipids from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill] peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vita-mins and sterols. *Food Chem.*, 83: 447–456.الدهون المستخلصة من قشور صبار [Opuntia ficus-in- dica (L.) Mill]: مصدر جيد للأحماض الدهنية عديمة التشبع في عدة مواضع، فيتامينات وستيرولات طبيعية مضادة للأكسدة،

Ramawat, K.G. 2010. *Desert plants: Biology and biotechnology*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer. 503 pp.. النباتات الصحراوية: الأحياء والتكنولوجيا الحيوية.

Randall, R.P. 2002. *Global compendium of weeds*. Melbourne (available at www.hear.org/gcw/index.html).خلاصة عالمية للأعشاب الضارة.

Rao, V.P., Sankaran, M.A. & Mathur, K.C. 1971. *A review of biological control of insects and other pests in South-East Asia and the Pacific Region*. Technical Communication No. 6, Slough, UK, CIBC. 149 pp.استعراض للمكافحة البيولوجية للحشرات والآفات الأخرى في جنوب شرق آسيا ومنطقة بيسيفيك.

Rascher, U., Hütt, M.T., Siebke, K., Osmond, C.B., Beck, F. & Lüttge, U. 2001. Spatio-temporal variation of metabolism in a plant circadian rhythm: the biological clock as an assembly of coupled individual oscillators. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 98: 11801–11805.التغير المكاني الزماني للتمثيل الغذائي في الإيقاع النباتي: الساعة البيولوجية كمجموعة من المذبذبات الفردية المقترنة.

Ratsele, C. 2003. *Production evaluation of* Opuntia robusta *and O. ficus-indica cultivars in the central Free State*. Bloemfontein, South Africa, University of the Free State (MSc thesis). 110 pp.تقييم إنتاج أصناف Opuntia robusta and O. ficus-indica في وسط الدولة الحرة.

Raveh, E., Gersani, M. & Nobel, P.S. 1995. CO_2 uptake and fluorescence responses for a shade-tolerant cactus *Hylocereus undatus* under current and doubled CO_2 concentrations. *Physiol. Plant.*, 93: 505–511.امتصاص CO2 واستجابات ومضان صبار cactus Hylocereus undatus الحالية والمتضاعفة CO2 المحتمل للظل تحت تأثير تركيزات.

Raventós, M. 2005. Tecnología de membranas. In *Industria alimentaria tecnologías emergentes*. Barcelona, Spain, Ediciones UPC.

Rebman, J.P. & Pinkava, D.J. 2001. Opuntia cacti in North America. *Fla. Entomol.*, 84: 474–483.صبار Opuntia cacti في أمريكا الشمالية.

Retamal, N., Durán, J.M. & Fernández, J. 1987. Ethanol production by fermentation of fruits and cladodes of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). *J. Sci. Food Agric.*, 40: 213–218.إنتاج الإيثانول عن طريق تخمير الفواكه والسيقان الورقية من صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Miller).

Reveles Hernández, M., Flores Ortiz, M.A., Blanco Macías, F. & Valdez Cepeda, R.D. 2010. El manejo del nopal forrajero en la producción de ganado bovino. *Rev. Salud Publica Nutr.*, 5[ESP]: 130–144.

Reyes Agüero, J.A. & Valiente Banuet, A. 2006. Reproductive biology of Opuntia: a review. *J. Arid Environ.*, 64(4): 549–585.البيولوجيا التكاثرية لفصيلة Opuntia: مراجعة.

Reyes Agüero, A., Aguirre Rivera., R. & Carlín, F. 2004. Análisis preliminar de la variación morfológica de 38 variantes mexicanas de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. In G. Esparza, R. Valdez & J.G. Méndez, eds. *El nopal, tópicos de actualidad*, pp. 21–47. México, Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados.

Reyes Agüero, J.A, Aguirre Rivera, J.R. & Hernández, H.M. 2005. Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (Cactaceae). *Agrociencia*; 39: 395–408.ملاحظات منهجية ووصف تفصيلي لفصيلة Opuntia ficus-indica (L.) Mill. (Cactaceae).

Reyes Agüero, J.A., Aguirre Rivera, J.R. & Valiente Banuet, A. 2006. Reproductive biology of Opuntia: a review. *J. Arid Environ.*, 64: 549–585. البيولوجيا التكاثرية لفصيلة Opuntia: مراجعة.

Reyes Agüero, J.A., Aguirre Rivera, J.R., Carlín Castelán, F. & Gonzáles Durán, A. 2009. *Catálogo de las principales variantes silvestres y cultivadas de* Opuntia *en la Altiplanicie Meridional de México*. Mexico, Autonomous University of San Luis Potosí, SAGARPA and CONACYT. 350 pp.

Reyes Agüero, J.A., Aguirre Rivera, J.R. & Carlin Castelan, F. 2013. Diversity of wild and cultivated *Opuntia* variants in the Meridional highlands plateau of Mexico. *Acta Hortic.*, 995: 69–74.تنوع أشكال Opuntia البرية والمزروعة في هضبة ميريديان هضبة المكسيك.

Reynolds, S.G. & Arias, E. 2001. Introduction. In C. Mondragón Jacobo & S. Pérez González, eds. *Cactus (*Opuntia *spp.) as forage*, pp. 1–36. FAO Plant Production and Protection Paper No. 169. Rome, Italy. 146 pp.الصبار Cactus (Opuntia spp.) كعلف

Ries, J.B. & Hirt, V. 2008. Permanence of soil surface crust on abandoned farmland in the central Ebro Basin/Spain. *Catena*, 72: 282–296.استمرار قشرة سطح التربة في الأراضي الزراعية المهجورة في حوض إيبرو المركزي / إسبانيا.

Robert, P., Torres, V., García, P., Vergara, C. & Sáenz, C. 2015. The encapsulation of purple cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp by using polysaccharide-proteins as encapsulating agents. *LWT- Food Sci. Technol.*, 60(2):1039–1045. تغليف لب صبير purple cactus (Opuntia ficus-indica) باستخدام بروتينات عديد السكاريد كعوامل تغليف

Robinson, H. 1974. Scanning electron microscope studies of the spines and glochids of the Opuntioideae (Cactaceae). *Am. J. Bot.*, 61: 278–283.. دراسات المسح المجهري بالإلكترون للهيئات والشوكيةglochids من Opuntioideae (Cactaceae).

Rocha, G.L. 1991. *Ecossistema de pastagens aspectos dinâmicos*. Piracicaba, Brazil, Luiz de Queiroz Agricultural Studies Foundation. 391 pp.

Rodríguez, D. 1999. Desarrollo de una bebida pasteurizada a base de nopal. En Memoria VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, San Luis Potosí, Mexico, 6–10 September, pp. 75–76.

Rodríguez, L.C. & Niemeyer, H.M. 2000. Evidencias indirectas sobre el origen de la cochinilla, *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Rev. Chilena Entomol.*, 27: 85–89.

Rodríguez, I. & Portillo, L. 1989. Especies de *Opuntia* hospederas de *Dactylopius coccus* Costa. *Quepo*, 3: 49–53.

Rodriguez, S.B., Perez, F.B. & Montenegro, D.D. 1975. *Eficiência fotossintética del Nopal (Opuntia spp.) en relacion con la orientación de sus cladodios*. Chapingo, Colegio de Postgraduados (Masters thesis).

Rodríguez, L.C., Méndez, M.A. & Niemeyer, H.M. 2001. Direction of dispersion of cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) within the Americas. *Am. Antiq.*, 75: 73–77.اتجاه تشتيت cochineal (Dactylopius coccus Costa) في الأمريكتين.

Rodriguez, S., Casóliba, R.M., Questa, A.G. & Felker, P. 2005. Hot water treatment to reduce chilling injury and fungal development and improve visual quality of two *Opuntia ficus-indica* fruit clones. *J. Arid Environ.*, 63: 366–378.المعالجة بالمياه الساخنة للحد من إصابة البرد وتكوين الفطريات وتعزيز النوعية بالبصر لاثنين من نسائل فاكهة Opuntia ficus-indica.

Rodríguez Alvarado, G., Fernández Pavía, S.P. & Landa Hernández, L. 2001. First report of *Pythium aphanidermatum* causing crown and stem rot on *Opuntia ficus-indica*. *Plant Dis.*, 85: 231.التقرير الأول عن Pythium aphanidermatum التي تسبب عفن التويج والساق على فصيلة Opuntia ficus-indica.

Rodríguez Felix, A. 2002. Postharvest physiology and technology of cactus pear fruits and cactus leaves. *Acta Hortic.*, 581: 191–199. فسيولوجيا وتكنولوجيا ما بعد الحصاد لثمار نبات الصبار وأوراقه.

Rodríguez Felix, A., Gonzales Sales, H., Soto Valdez, H. & Silveira Gamont, I. 1992. Effect of postharvest treatments on the quality of tuna during storage. In Proceedings of the Third Annual Texas Prickly Pear Council, Kingsville, Texas, USA, pp. 9–12. تأثير علاجات ما بعد الحصاد على جودة فصيلة tuna أثناء التخزين.

Rodríguez García, C., de Lira, C., Hernández Becerra, E., Cornejo Villegas, M.A., Palacios Fonseca, A.J., Rojas Molina, I., Reynoso, R., Quintero, L.C., Del Real, A., Zepeda, T.A. & Muñoz Torres, C. 2007. Physicochemical characterization of nopal pads (*Opuntia ficus-indica*) and dry vacuum nopal powders as a function of the maduration. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 62: 107–112.التوصيف الفيزيائي الكيميائي الصبار من فصيلة (Opuntia ficus-indica) الفراغية الجافة كدالة على النضج nopal ومساحيق.

Rodríguez González, S., Martínez Flores, H.E., Chavez Moreno, C.K., Macías Rodriguez, L.I., Zavala Mendoza, E., Garnica Romo, M.G & Chacon García, L. 2014. Extraction and characterization of mucilage from wild species of *Opuntia*. *J. Food Process Eng.*, 37: 285–292. استخراج وتوصيف الأغشية من الأنواع البرية من Opuntia.

Rodríguez Hernández, G.R., Gonzáles, R., Grajales, A. & Ruiz, M.A. 2005. Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): Effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. *Drying Technol.*, 23: 955–973.رذاذ التجفيف أو صبار عصير Opuntia streptacantha: على التأثير

Rojas Graü, M.A., Garner, E. & Martìn Belloso, O. 2011. The fresh-cut fruit and vegetables industry: Current situation and market trends. In O. Martìn Belloso & R. Soliva Fortuny, eds. *Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing*, p. 1–12. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, Taylor & Francis Group.. صناعة الفواكه والخضروات الطازجة: الوضع الحالي واتجاهات السوق. في O. Martìn Belloso & R. Soliva For-tuny.

Roos, Y.H. 2007. Water activity and glass transition. In G.V. Barbosa Cánovas, A.J. Fontana, Jr., S.J. Schmidt & T.P. Labuza, eds. *Water activity in foods: fundamentals and applications*. Ames, Iowa, USA, IFT Press and Blackwell Publishing.. نشاط المياه والانتقال الزجاجي. في G. G.V. Barbosa Cánovas, A.J. Fontana, Jr., S.J. Schmidt & T.P. Labuza, eds.

Root, T.L., Price, J.T., Hall, K.R., Schneider, S.H., Rosenzweig, C. & Pounds, J.A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57–60.. بصمات الاحترار العالمي على الحيوانات والنباتات البرية.

Rosas, C.P. & Pimienta, B.E. 1986. Polinización y fase progámica en nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) tunero. *Fitotecnia*, 8: 164–176.

Ruiz Moreno, A., ed. 1948. *La medicina en el Paraguay natural*. National University of Tucumán. 300 pp.

Russell, C. & Felker, P. 1987a. Comparative freeze hardiness of fruit vegetable and fodder Opuntia accessions. *J. Hortic. Sci.*, 62: 545–550صلابة التجميد المقارن للخضروات والفواكه Opuntia accessions كعلف المستخدم.

Russell, C.E. & Felker, P. 1987b. The prickly-pears (*Opuntia* spp., Cactaceae): a source of human and animal food in semiarid regions. *Econ. Bot.*, 41(3): 433–445.نباتات صبار (Opuntia spp., Cactaceae): مصدر للأغذية البشرية والحيوانية في المناطق شبه القاحلة.

Rutamu, I. 1999. Low cost biodigesters for zero grazing smallholder dairy farmers in Tanzania. *Livest. Res. Rural Dev.*, 11(2) (available at http://www.lrrd.org/lrrd11/2/inno112.htm). Accessed 10 November 2015.مضادات حيوية منخفضة التكلفة من أجل الرعي الصفري لمزارعي الألبان أصحاب الحيازات الصغيرة في تانزانيا.

Saad, M., Degano, C. & Ochoa, J. 1998. Wet rot and necrosis caused by bacteria in *Opuntia ficus-indica* Mill in Santiago del Estero, Argentina. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 3: 60–63.العفن الرطب والنخر الناجم عن البكتيريا في نوع Opuntia ficus-indica Mill في سانتيجو ديل إستيرو، أرجنتين.

Sáenz, C. 1985. La tuna (*Opuntia ficus-indica*) un cultivo con perspectivas. *Alimentos*, 3: 47–49.

Sáenz, C. 1999. Elaboración de alimentos y obtención de subproductos. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agroecología, cultivo y usos del nopal*, pp. 144–150. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO.

Sáenz, C. 2000. Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp) fruits and cladodes. *J. Arid Environ.*, 46: 209–225. تقنيات المعالجة: بديل لفواكه صبار (Opuntia spp) والسيقان الورقية.

Sáenz, C. & Sepúlveda, E. 1999. Physical, chemical and sensory characteristics of juices from pomegranate and purple cactus pear fruit. In Annals 22nd IFU Symposium, 15–19 March, Paris, France, pp. 91–100.. السمات المادية، الكيميائية والاستشعارية للعصائر من الرمان وفاكهة تين صبيري بنفسجي.

Sáenz, C. & Sepúlveda, E. 2001a. Cactus-pear juices. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 4: 3–10.عصائر نبات الصبار.

Sáenz, C. & Sepúlveda, E. 2001b. Ecotipos Coloreados de la Tuna (*Opuntia ficus-indica*). *Aconex*, 72: 29–32.

Sáenz, C., Corrales García, J. & Aquino Pérez, G. 2002a. *Nopalitos*, mucilage, fiber, and cochineal. In P.S. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses*, pp. 211–234. Berkeley, CA, USA, University of California Press.Nopalitos، صمغ سائل، ليف، القرمزي.

Sáenz, C., Estévez, A.M., Fontanot, M. & Pak, N. 2002b. Oatmeal cookies enriched with cactus pear flour a s d ietary fi ber source: physical and chemical characteristics. *Acta Hortic.*, 581: 275–278.كعك الشوفان الغني بدقيق الصبار في صورة مصدر غذائي للألياف: السمات المادية والكيميائية.

Sáenz, C., Sepúlveda, E., Pak, N. & Vallejos, X. 2002c. Uso de fibra dietética de nopal en la formulación de un polvo para flan. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 52(4): 87–392.

Sáenz, C., Sepúlveda, E. & Idalsoaga, M. 2002d. Color extract from purple cactus pear: preparation, characteristics and uses. *Cactusnet Newsletter*, 3–4.مستخلص لون من الصبار البنفسجي: التحضير، سمات واستخدامات.

Sáenz, C, Sepúlveda, E. & Vallejos, M.I. 2003. *Características sensoriales de un néctar de damasco elaborado con hidrocoloide de nopal*. Resúmenes. XIII Congreso Latinoamericano de Nutrición, 10–12 November, Acapulco, Mexico. 195 pp.

Sáenz, C., Sepúlveda, E. & Matsuhiro, B. 2004. *Opuntia* spp. mucilage: a functional component with industrial perspectives. *J. Arid Environ.*, 57(3): 275–290.صمغ سائل من نوع Opuntia: مكون وظيفي من مفاهيم صناعية

Saénz, C., Berger, H., Corrales García, J., Galletti, L., Garcia del Cortazar, V., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez Feliz, A., Sepulveda, E. & Varnero M.T., eds. 2006. *Utilización agroindustrial del nopal*. FAO Plant Production and Protection Paper No. 162. Rome, FAO. 165 pp.

Saénz, C., Tapia, S., Chávez, J. & Robert, P. 2009. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chem.*, 114: 616–622.الكبسلة الدقيقة بواسطة التجفيف بالرش للمكونات الحيوية النشطة من صبار (Opuntia ficus-indica).

Sáenz, C., Sepúlveda, E., Pak N. & Lecaros, M. 2010. Chemical and physical characterization of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*) powder. *Ital. J. Food Sci.*, 22(4): 416–422.تحديد السمات الكيميائي والمادي لمسحوق لسيقان الورقية من الصبار (Opuntia ficus-indica).

Sáenz, C., Yoong, M., Figuerola, F., Chiffelle, I. & Estévez, A.M. 2012a. Cactus pear cladodes powders as dietary fibre source: purification and properties. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 63(3): 283–289.مساحيق سيقان ورقية صبار في صورة مصدر غني بالألياف الغذائية: التنقية والخواص.

Sáenz, C., Cancino, B. & Robert, P. 2012b. Red betalains from *Opuntia* spp.: natural colorants with potential applications in foods. *Isr. J. Plant Sci.*, 60: 291–299.مركبات بيتالين حمراء من نوع Opuntia: عوامل تلوين طبيعية ذات تطبيقات محتملة في الأغذية.

Sáenz, C., Berger, H., Corrales García, J., Galletti, L., García de Cortázar, V., Higuera, I., Mondragón, C., Rodríguez Félix, A., Sepúlveda, E. & Varnero, M.T. 2013. *Agro-industrial utilization of cactus pear*. Rural Infrastructure and Agro-Industries Division. Rome, FAO. 150 pp (available at http://www.fao.org/docrep/019/a0534e/a0534e.pdf).استخدام زراعي صناعي للصبار قسم البنية التحتية الحضرية والصناعات الزراعية.

Sajeva, M. & Mauseth, J.D. 1991. Leaflike structure in the photosynthetic, succulent stems of cacti. *Ann. Bot.*, 68: 405–411.. بنية شبيهة بالورق في سيقان عصارية، تخليقية ضونية من صبار.

Salas, D. 2016. *Crianza de cochinillas*. Proyectos Peruanos (available at http://proyectos-peruanos.com/2016/09/cochinillas). Accessed 18 December 2016.

Samah, S., de Teodoro Pardo, C.V., Serrato Cruz, M.A. & Valadez Moctezuma, E. 2015. Genetic diversity, genotype discrimination, and population structure of Mexican *Opuntia* sp., determined by SSR markers. *Plant Mol. Biol. Rep.*, DOI:10.1007/s11105-015-0908-4.تنوع حيوي، تفرقة النمط الجيني، وبنية المجموعة لأنواع Opuntia المكسيكية، محدد بواسطة مرقمات SSR.

El Samahy, S.K., Abd El Hady, E.A., Habiba, R.A. & Moussa Ayoub, T.E. 2007a. Cactus pear sheet and pasteurized and sterilized cactus pear juices. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 148–164.رقاقة من صبار وعصائر من صبار المبسترة والمعقمة.

El Samahy, S.K., Abd El Hady, E.A., Habiba, R.A. & Moussa Ayoub, T.E. 2007b. Some functional, chemical, and sensory characteristics of cactus pear rice-based extrudates. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 136–147.بعض السمات الوظيفية، الكيميائية، والاستشعارية من نواتج استخلاص أساسها الأرز من الصبار .

El Samahy, S.K., Youssef, K.M. & Moussa Ayoub, T.E. 2009. Producing ice cream with concentrated cactus pear pulp: A preliminary study. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 11: 1–12.إنتاج الأيس كريم مع لب صبار مركز: دراسة أولية.

Samish, Y.B. & Ellern, S.J. 1975. Titratable acids in *Opuntia ficus-indica* L. *J. Range Manage.*, 28: 365–369.أحماض قابلة للمعايرة في Opuntia ficus-indica L

Santibáñez, L.G. 1990. *Ciclo biológico, cultivo y aprovechamiento de la cochinilla del nopal* Dactylopius coccus *Costa en el municipio de Villa Díaz Ordaz, Tlacolula, adscrito al centro Coordinador Indigenista (I.N.I.) Zapoteco del Valle Oaxaca*. Reporte de Servicio Social. Mexico, Autonomous Metropolitan University. 149 pp.

Santos, M.V.F. dos, Lira, M. de A., Farias, I., Burity, H.A., Nascimento, M.M.A. do & Tavares Filho, J.J. 1990. Estudo comparativo das cultivares de palma forrageira "Gigante", "Redonda" (*Opuntia ficus-indica*, Mill) e "Miúda" (*Nopalea cochenillifera*, Salm Dyck) na produção de leite. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 19(6): 504–511.

Santos, D.C.S., Farias, I., Lira, M.A., Fernandes, A.P.M., Freitas, E.V. & Moreno, J.A. 1996. Produção e composição química da palma forrageira cv. gigante (Opuntia ficus – indica Mill) sob adubação e calagem, no Agreste Semi-Árido de Pernambuco. *Pesqui. Agropecu. Pernambucana*, 9 [especial]: 69–78.

Santos, D.C. dos, Santos, M.V.F. dos, Farias, I., Lira, M. de A., Dias, F.M. & Santos, V.F. dos. 1998. Adensamento e freqüências de cortes em cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). Anais Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Botucatu, SP, Brazil, pp. 512–514.

Santos, D.C. dos, Lira, M. de A., Dias, F.M., Farias, I., Santos, M.V.F. dos & Santos, V.F. dos. 2000. Produtividade de cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). Simpósio Nordestino de Alimentação de Ruminantes, SNPA, Teresina, Recife, Brazil, pp. 121–123.

Santos, J.R.S., Cezar, M.F., Sousa, W.H., Cunha, M.G.G., Filho, J.M.P. & Sousa, D.O. 2011. Muscularity and adiposity of carcass of Santa Inês lambs: Effects of different levels of replacement of ground corn by forage cactus meal in finishing ration. *Rev. Bras. Zootec.*, 40: 2267–2272.العضلية والشحمية لهيكل أطراف سانتا إينس: تأثيرات المستويات المختلفة لاستبدال الذرة الأرضية بوجبة من الصبار العلفي بنسبة إنهاء.

Saraiva, F.M. 2014. *Desenvolvimento e acúmulo de nutrientes de palma forrageira (Nopalea) em diferentes sistemas de cultivo*. Recife, Brazil, Animal Science Graduate Program, Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) (PhD Dissertation). 125 pp.

Sarkar, P., Setia, N. & Choudhury, G.S. 2011. Extrusion processing of cactus pear. *Adv. J. Food Sci. Technol.*, 3(2): 102–110.المعالجة بالبثق للصبار.

Sawaya, W.N. & Khan, P. 1982. Chemical characterization of prickly pear seed oil, *Opuntia ficus indica*. *J. Food Sci.*, 47: 2060–2061.تحديد السمات الكيميائية لزيت جذور الصابر الشوكي Opuntia ficus indica.

Sawaya, W.N., Khatchadourian, H.A., Safi, W.M. & Al Hammad, H.M. 1983. Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. *J. Food Technol.*, 18: 183–193.تحديد السمات الكيميائية للب الصبار الشوكي Opuntia ficus-indica، وتصنيع مربى من الصبار.

Sawyer, J.E., Knox, L.A., Donart, G.B. & Petersen, M.K. 2001. The nutritive quality of cholla cactus as affected by burning. *J. Range Manage.*, 54(3): 249–253. أبونسيا كما حدث بواسطة الحرق.

Scalisi, A., Morandi, B., Inglese, P. & Lo Bianco, R. 2015 Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. *Environ. Exp. Bot.*, 122: 158–167.ديناميكيات نمو السيقان الورقية في Opuntia ficus-indica في ظل الجفاف.

Scheinvar, L. 1995. Taxonomy of utilized Opuntias. In G. Barbera, P. Inglese & B.E. Pimienta, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 20–27. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO. علم التصنيف لنباتات Opuntias المستخدمة.

Scheinvar, L., Gallegos, C., Olalde, G. & Rodriguez, A. 2010. *Opuntia* ser. *Streptacanthae*/Cactaceae) – neotypifications a nd t axonomic notes for four species. *Schumannia*, 6: 277–296. Opuntia ser. Streptacanthaethae/ التنميط الجديد للصباريات)- وملاحظات تصنيفية لأربع أنواع.

Schelle, E. 1907. *Kakteen*. Tübingen, Germany, A. Fischer.

Scherm, B., Ortu, G., Muzzu, A., Budroni, M., Arras, G. & Migheli, Q. 2003. Biocontrol activity of antagonistic yeasts against *Penicillium expansum* on apple. *J. Plant Pathol.*, 85: 205–213.. نشاط التحكم الحيوي للخمائر المضادة ضد Penicillium Expansum على التفاح.

Schirra, M., Barbera, G., D'Aquino, S., La Mantia, T. & McDonald, R.E. 1996. Hot dips and high-temperature conditioning to improve shelf quality of late-crop cactus pear fruit. *Trop. Sci.*, 36: 159–165. غمسات عميقة وظروف درجة حرارة مرتفعة لتحسين الجودة التخزينية لفاكهة الصبار بالمحصول المتأخر.

Schirra, M., Agabbio, M., D'Aquino, S. & McCollum, T.G. 1997. Postharvest heat conditioning effects on early ripening 'Gialla' cactus pear fruit. *HortScience*, 32: 702–704.تأثيرات تهيئة بالحرارة بعد الحصاد على النضوج المبكر لفاكهة صبار "جيلا (الصفراء)".

Schirra, M., D'Hallewin, G., Inglese, P. & La Mantia, T. 1999a. Epicuticular changes and storage potential of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) fruit following gibberellic acid preharvest sprays and postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.*, 17: 79–88.التغييرات الجلدية الفوقية وإمكانية التخزين لفاكهة صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) بعد أنواع الرش قبل الحصاد لحمض جيبيراليك ومعالجات حرارية بعد الحصاد.

Schirra, M., Inglese, P. & La Mantia, T. 1999b. Quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) fruit in relation to ripening time, $CaCl_2$ preharvest sprays and storage conditions. *Sci. Hortic. (Amsterdam, Neth.)*, 81: 425–436.جودة فاكهة صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) فيما يتعلق بزمن النضوج، صور الرش قبل الحصاد وظروف التخزين CaCl2.

Schirra, M., Brandolini, V., Cabras, P., Angioni, A. & Inglese, P. 2002. Thiabendazole uptake and storage performance of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. cv 'Gialla') fruit following postharvest treatments with reduced doses of fungicide at 52 °C. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 739–743.امتصاص ثيابندازول وأداء تخزيني من فاكهة صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill. cv 'Giall') بعد معالجات بعد الحصاد بجرعات منخفضة من مبيد الفطريات عند 52 درجة مئوية.

Segura, S., Scheinvar, L., Olalde, G., Leblanc, O., Filardo, S., Muratalla, A., Gallegos, C. & Flores, C. 2007. Genome sizes and ploidy levels in Mexican cactus pear species *Opuntia* (Tourn.) Mill. series *Streptacanthae* Britton et Rose, *Leucotrichae* DC., *Heliabravoanae* Scheinvar and *Robustae* Britton et Rose. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 54: 1033–1041. أحجام الجينوم ومستويات الصبغ الصبغية في أنواع الصبار المكسيكي من Opuntia (Tourn.) Mill.

Sepúlveda, E. & Sáenz, C. 1988. Industrialización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). I. Aceite de la semilla. *Alimentos*, 13: 35–38.

Sepúlveda, E. & Sáenz, C. 1990. Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.*, 30(4): 551–555. سمات كيميائية ومادية للب صبار (Opuntia ficus-indica).

Sepúlveda, E., Sáenz, C. & Alvarez, M. 2000. Physical, chemical and sensory characteristics of dried fruit sheets: cactus pear (O*puntia ficus-indica* (L) Mill) and quince (*Cydonia oblonga* Mill). *Ital. J. Food Sci.*, 12(1): 47–54.السمات المادية، الكيميائية والاستشعارية لرقائق الفاكهة المجففة: صبار (Opuntia ficus-indica (L) Mill) والسفرجل (Cydonia oblonga Mill).

Sepúlveda, E., Sáenz, C. & Rojas, A. 2002. *Comparación de un extracto colorante de tuna púrpura (Opuntia ficus-indica L.) y un colorante comercial de betarraga en yoghurt*. Resúmenes XII Seminario de Ciencia y Tecnología de Alimentos de América Latina y el Caribe, 23–26 July, Asunción, Paraguay.

Sepúlveda, E., Sáenz, C. & Vallejos, M.I. 2003a. Comportamiento reológico de néctar elaborado con hidrocoloide de nopal: efecto del tratamiento térmico. En Memorias IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 2–6 September, Zacatecas, Mexico, pp. 269–272.

Sepúlveda, E., Abraján, M. & Sáenz, C. 2003b. Estudios preliminares de elaboración de láminas deshidratadas de ecotipos coloreados de tuna. En Memorias IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 2–6 September, Zacatecas, Mexico, pp. 278–281.

Sepúlveda, E, Sáenz, C. & Gómez, C. 2003c. Determinación de betanina en ecotipos de tuna roja colectados en Chile. En Memorias IX Congreso Nacional y VII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 2–6 September, Zacatecas, Mexico, pp. 282–285.

Sepúlveda, E., Sáenz, C. & Vallejos, M.I. 2004. *Efecto del almacenamiento en las propiedades reológicas y sensoriales de néctar de damasco formulado con hidrocoloide de nopal (*Opuntia ficus-indica*)*. Resúmenes XIII Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 12–16 October, Montevideo, Uruguay.

Sepúlveda, E., Sáenz, C., Aliaga E. & Aceituno, C. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *J. Arid Environ.*, 68: 534–545.الاستخلاص وتحديد سمات الصمغ السائل في نوع Opuntia.

Serrano, A., Sousa, M., Hallett, J., Lopes, J.A. & Oliveira, M.C. 2011. Analysis of natural red dyes (cochineal) in textiles of historical importance using HPLC and multivariate data analysis. *Anal. Bioanal. Chem.*, 401: 735–743.تحليل الصبغات الحمراء الطبيعية (قرمزي) في الأنسجة وتحليل بيانات متعدد ذات الأهمية التاريخية باستخدام HPLC والمتغيرات.

Serrano, A., Sousa, M., Hallet, J., Simmonds, M.S.J., Nesbitt, M. & Lopes, J.A. 2013. Identification o f *Dactylopius* c ochineal s pecies with high-performance liquid chromatography and multivariate data analysis. *Analyst*, 138: 6081–6090.تحديد أنواع قرمزية من Dactylopius ذات كروماتوجراف سائل مرتفع الأداء وتحليل بيانات متعدد المتغيرات.

Shideed, K., Alary, V., Laamari, A., Nefzaoui, A. & El Mourid, M. 2007. Ex post impact assessment of natural resource management technologies in crop-livestock systems in dry areas of Morocco and Tunisia. In H. Waibel & D. Zilberman, eds *International research on natural resource management*, pp. 169–195. CAB International.تقييم بعد الأثر لاحق لتقنيات إدراة الموارد الطبيعية في أنظمة ماشية محاصيل في المساحات الجافة من المغرب وتونس.

Shine, C., Williams, N. & Gündling, L. 2000. *A guide to designing legal and institutional frameworks on alien invasive species*. Gland, Switzerland, Cambridge, Bonn, International Union for Conservation of Nature (IUCN). 138 pp.توجيه إلى تصميم إطر عمل قانونية ومؤسسية على الأنواع الاجتياحية الغريبة

Short, H.L. 1979. *Food habits of Coyotes in a semi desert grass-shrub habitat*. Research Note, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Forest Service, USDA. 4 pp.العادات الغذائية للذئاب في موطن شجيرات عشبية شبه صحراوية.

Shumye, G., Woldetsadik, K. & Fitiwi, I. 2014. Effect of integrated postharvest handling practices on quality and shelf-life of cac-tus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) fruits. *J. Postharv. Tech.*, 2: 68–79.تأثير ممارسات المعالجة بعد الحصاد المتكاملة على جودة فواكه الصبار وعمره النصفي (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.).

SIAP (Agricultural and Fishery Information System). 2014. *Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, Mexico* (available at www.siap.gob.mx).

SIAP. 2015. *Servicio de información agroalimentaria y pesquera*. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (available at http://www.siap.gob.mx). Accessed 19 August 2015.

Silva, N.G.M. 2012. *Produtividade, morfometria e acúmulo de nutrientes da palma forrageira sob doses de adubação orgânica e densidades de plantio*. Recife, Brazil, Animal Science, Federal Rural University of Pernambuco (PhD dissertation). 97 pp.

Singh, G. 2003. General review of Opuntias in India. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 5: 30–46.نمراجعة عامة عن Opuntias في الهند.

Singh, G. 2006. An overview of cactus pear research and development in India. *Acta Hortic.*, 728: 43–48.نظرة عامة عن بحث وتطوير الصبار في الهند.

Singh, R.S. & Singh, V. 2003. Growth and development influenced by size, age and planting methods of cladodes in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 5: 47–54.نمو وتطور متأثر بالحجم، العمر وطرق الزراعة للسيقان الورقية في الصبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.).

Singh, S., Gamlath, S. & Wakeling, L. 2007. Nutritional aspects of food extrusion: a review. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 42: 916–929.الجوانب الغذائية لبثق الغذاء

Siriwardhana, N., Shahidi, F. & Jeon, Y.J. 2006. Potential antioxidative effects of cactus pear fruit (*Opuntia ficus-indica*) extract on radical scavenging and DNA damage reduction in human peripheral lymphocytes. *J. Food Lipids*, 13: 445–458. التأثيرات المضادة للأكسدة المحتملة لمستخلص فاكهة الصبار (Opuntia ficus-indica) على كسح شقي وتقليل تضرر DNA في الخلايا اللمفاوية المحيطية البشرية.

Smith, M. 2005. Kies regte turksvy kultivar. *Landbouweekblad*, 29 July: 8–9.

Smith, H.M. & Samach, A. 2013. Constraints to obtaining consistent annual yields in perennial tree crops. I: Heavy fruit load dominates over vegetative growth. *Plant Sci.*, 207: 158–167.القيود على الحصول على النتائج السنوية المتسقة في المحاصيل الشجرية الدائمة I: يحكم حمل فاكهة ثقيل النمو الخضري.

Sarkar, P., Setia, N. & Choudhury, G.S. 2011. Extrusion processing of cactus pear. *Adv. J. Food Sci. Technol.*, 3(2): 102–110.المعالجة بالبثق للصبار.

Sawaya, W.N. & Khan, P. 1982. Chemical characterization of prickly pear seed oil, *Opuntia ficus indica*. *J. Food Sci.*, 47: 2060–2061.تحديد السمات الكيميائية لزيت جذور الصابر الشوكي Opuntia ficus indica.

Sawaya, W.N., Khatchadourian, H.A., Safi, W.M. & Al Hammad, H.M. 1983. Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. *J. Food Technol.*, 18: 183–193.تحديد السمات الكيميائية للب الصبار الشوكي Opuntia ficus-indica، وتصنيع مربى من الصبار.

Sawyer, J.E., Knox, L.A., Donart, G.B. & Petersen, M.K. 2001. The nutritive quality of cholla cactus as affected by burning. *J. Range Manage.*, 54(3): 249–253. أبونسيا كما حدث بواسطة الحرق.

Scalisi, A., Morandi, B., Inglese, P. & Lo Bianco, R. 2015 Cladode growth dynamics in *Opuntia ficus-indica* under drought. *Environ. Exp. Bot.*, 122: 158–167.ديناميكيات نمو السيقان في ظل الجفاف Opuntia ficus-indica الورقية في.

Scheinvar, L. 1995. Taxonomy of utilized Opuntias. In G. Barbera, P. Inglese & B.E. Pimienta, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 20–27. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO. علم التصنيف لنباتات Opuntias المستخدمة.

Scheinvar, L., Gallegos, C., Olalde, G. & Rodriguez, A. 2010. *Opuntia* ser. *Streptacanthae*/Cactaceae) – neotypifications a nd t axonomic notes for four species. *Schumannia*, 6: 277–296. Opuntia ser. Streptacanthaethae/ التنميط الجديد للصباريات)- وملاحظات تصنيفية لأربع أنواع.

Schelle, E. 1907. *Kakteen*. Tübingen, Germany, A. Fischer.

Scherm, B., Ortu, G., Muzzu, A., Budroni, M., Arras, G. & Migheli, Q. 2003. Biocontrol activity of antagonistic yeasts against *Penicillium expansum* on apple. *J. Plant Pathol.*, 85: 205–213.. نشاط التحكم الحيوي للخمائر المضادة ضد Penicillium Expansum على التفاح.

Schirra, M., Barbera, G., D'Aquino, S., La Mantia, T. & McDonald, R.E. 1996. Hot dips and high-temperature conditioning to improve shelf quality of late-crop cactus pear fruit. *Trop. Sci.*, 36: 159–165. غمسات عميقة وظروف درجة حرارة مرتفعة لتحسين الجودة التخزينية لفاكهة الصبار بالمحصول المتأخر.

Schirra, M., Agabbio, M., D'Aquino, S. & McCollum, T.G. 1997. Postharvest heat conditioning effects on early ripening 'Gialla' cactus pear fruit. *HortScience*, 32: 702–704.تأثيرات تهيئة بالحرارة بعد الحصاد على النضوج المبكر (لفاكهة صبار "جيلا (الصفراء)".

Schirra, M., D'Hallewin, G., Inglese, P. & La Mantia, T. 1999a. Epicuticular changes and storage potential of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) fruit following gibberellic acid preharvest sprays and postharvest heat treatments. *Postharvest Biol. Technol.*, 17: 79–88.التغييرات الجلدية الفوقية وإمكانية التخزين لفاكهة صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) بعد أنواع الرش قبل الحصاد لحمض جيبيراليك ومعالجات حرارية بعد الحصاد.

Schirra, M., Inglese, P. & La Mantia, T. 1999b. Quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) fruit in relation to ripening time, $CaCl_2$ preharvest sprays and storage conditions. *Sci. Hortic. (Amsterdam, Neth.)*, 81: 425–436.جودة فاكهة صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) فيما يتعلق بزمن النضوج، صور الرش قبل الحصاد CaCl2 وظروف التخزين.

Schirra, M., Brandolini, V., Cabras, P., Angioni, A. & Inglese, P. 2002. Thiabendazole uptake and storage performance of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. cv 'Gialla') fruit following postharvest treatments with reduced doses of fungicide at 52 °C. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 739–743.امتصاص ثيابندازول وأداء تخزيني من فاكهة صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill. cv 'Giall') بعد معالجات بعد الحصاد بجرعات منخفضة من مبيد الفطريات عند 52 درجة منوية.

Segura, S., Scheinvar, L., Olalde, G., Leblanc, O., Filardo, S., Muratalla, A., Gallegos, C. & Flores, C. 2007. Genome sizes and ploidy levels in Mexican cactus pear species *Opuntia* (Tourn.) Mill. series *Streptacanthae* Britton et Rose, *Leucotrichae* DC., *Heliabravoanae* Scheinvar and *Robustae* Britton et Rose. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 54: 1033–1041. أحجام الجينوم ومستويات الصبغ الصبغية في أنواع الصبار المكسيكي من Opuntia (Tourn.) Mill.

Sepúlveda, E. & Sáenz, C. 1988. Industrialización de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). I. Aceite de la semilla. *Alimentos*, 13: 35–38.

Sepúlveda, E. & Sáenz, C. 1990. Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.*, 30(4): 551–555. سمات كيميائية ومادية للب صبار (Opuntia ficus-indica).

Sepúlveda, E., Sáenz, C. & Alvarez, M. 2000. Physical, chemical and sensory characteristics of dried fruit sheets: cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L) Mill) and quince (*Cydonia oblonga* Mill). *Ital. J. Food Sci.*, 12(1): 47–54.السمات المادية، الكيميائية والاستشعارية لرقائق الفاكهة المجففة: صبار (Opuntia ficus-indica (L) Mill) والسفرجل (Cydonia oblonga Mill).

Sepúlveda, E., Sáenz, C. & Rojas, A. 2002. *Comparación de un extracto colorante de tuna púrpura (Opuntia ficus-indica L.) y un colorante comercial de betarraga en yoghurt*. Resúmenes XII Seminario de Ciencia y Tecnología de Alimentos de América Latina y el Caribe, 23–26 July, Asunción, Paraguay.

Sepúlveda, E., Sáenz, C. & Vallejos, M.I. 2003a. Comportamiento reológico de néctar elaborado con hidrocoloide de nopal: efecto del tratamiento térmico. En Memorias IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 2–6 September, Zacatecas, Mexico, pp. 269–272.

Sepúlveda, E., Abraján, M. & Sáenz, C. 2003b. Estudios preliminares de elaboración de láminas deshidratadas de ecotipos coloreados de tuna. En Memorias IX Congreso Nacional y VII Congreso Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 2–6 September, Zacatecas, Mexico, pp. 278–281.

Sepúlveda, E, Sáenz, C. & Gómez, C. 2003c. Determinación de betanina en ecotipos de tuna roja colectados en Chile. En Memorias IX Congreso Nacional y VII Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, 2–6 September, Zacatecas, Mexico, pp. 282–285.

Sepúlveda, E., Sáenz, C. & Vallejos, M.I. 2004. *Efecto del almacenamiento en las propiedades reológicas y sensoriales de néctar de damasco formulado con hidrocoloide de nopal (*Opuntia ficus-indica*)*. Resúmenes XIII Seminario Latinoamericano y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 12–16 October, Montevideo, Uruguay.

Sepúlveda, E., Sáenz, C., Aliaga E. & Aceituno, C. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. *J. Arid Environ.*, 68: 534–545.الاستخلاص وتحديد سمات الصمغ السائل في نوع Opuntia.

Serrano, A., Sousa, M., Hallett, J., Lopes, J.A. & Oliveira, M.C. 2011. Analysis of natural red dyes (cochineal) in textiles of historical importance using HPLC and multivariate data analysis. *Anal. Bioanal. Chem.*, 401: 735–743.تحليل الصبغات الحمراء الطبيعية (قرمزي) في الأنسجة وتحليل بيانات متعدد HPLC ذات الأهمية التاريخية باستخدام المتغيرات.

Serrano, A., Sousa, M., Hallet, J., Simmonds, M.S.J., Nesbitt, M. & Lopes, J.A. 2013. Identification o f *Dactylopius* c ochineal s pecies with high-performance liquid chromatography and multivariate data analysis. *Analyst*, 138: 6081–6090.تحديد أنواع قرمزية من Dactylopius ذات كروماتوجراف سائل مرتفع الأداء وتحليل بيانات متعدد المتغيرات.

Shideed, K., Alary, V., Laamari, A., Nefzaoui, A. & El Mourid, M. 2007. Ex post impact assessment of natural resource management technologies in crop-livestock systems in dry areas of Morocco and Tunisia. In H. Waibel & D. Zilberman, eds *International research on natural resource management*, pp. 169–195. CAB International.تقييم بعد الأثر لاحق لتقنيات إدراة الموارد الطبيعية في أنظمة ماشية محاصيل في المساحات الجافة من المغرب وتونس.

Shine, C., Williams, N. & Gündling, L. 2000. *A guide to designing legal and institutional frameworks on alien invasive species*. Gland, Switzerland, Cambridge, Bonn, International Union for Conservation of Nature (IUCN). 138 pp.توجيه إلى تصميم إطر عمل قانونية ومؤسسية على الأنواع الاجتياحية الغريبة

Short, H.L. 1979. *Food habits of Coyotes in a semi desert grass-shrub habitat*. Research Note, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. Forest Service, USDA. 4 pp.العادات الغذائية للذئاب في موطن شجيرات عشبية شبه صحراوية.

Shumye, G., Woldetsadik, K. & Fitiwi, I. 2014. Effect of integrated postharvest handling practices on quality and shelf-life of cac-tus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) fruits. *J. Postharv. Tech.*, 2: 68–79.تأثير ممارسات المعالجة بعد الحصاد المتكاملة على جودة فواكه الصبار وعمره النصفي (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.).

SIAP (Agricultural and Fishery Information System). 2014. *Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, Mexico* (available at www.siap.gob.mx).

SIAP. 2015. *Servicio de información agroalimentaria y pesquera*. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (available at http://www.siap.gob.mx). Accessed 19 August 2015.

Silva, N.G.M. 2012. *Produtividade, morfometria e acúmulo de nutrientes da palma forrageira sob doses de adubação orgânica e densidades de plantio*. Recife, Brazil, Animal Science, Federal Rural University of Pernambuco (PhD dissertation). 97 pp.

Singh, G. 2003. General review of Opuntias in India. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 5: 30–46.نمراجعة عامة عن Opuntias في الهند.

Singh, G. 2006. An overview of cactus pear research and development in India. *Acta Hortic.*, 728: 43–48.نظرة عامة عن بحث وتطوير الصبار في الهند.

Singh, R.S. & Singh, V. 2003. Growth and development influenced by size, age and planting methods of cladodes in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 5: 47–54.نمو وتطور متأثر بالحجم، العمر وطرق الزراعة للسيقان الورقية في الصبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.).

Singh, S., Gamlath, S. & Wakeling, L. 2007. Nutritional aspects of food extrusion: a review. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 42: 916–929.الجوانب الغذائية لبثق الغذاء

Siriwardhana, N., Shahidi, F. & Jeon, Y.J. 2006. Potential antioxidative effects of cactus pear fruit (*Opuntia ficus-indica*) extract on radical scavenging and DNA damage reduction in human peripheral lymphocytes. *J. Food Lipids*, 13: 445–458. التأثيرات المضادة للأكسدة المحتملة لمستخلص فاكهة الصبار (Opuntia ficus-indica) على كسح شقي وتقليل تضرر DNA في الخلايا اللمفاوية المحيطية البشرية.

Smith, M. 2005. Kies regte turksvy kultivar. *Landbouweekblad*, 29 July: 8–9.

Smith, H.M. & Samach, A. 2013. Constraints to obtaining consistent annual yields in perennial tree crops. I: Heavy fruit load dominates over vegetative growth. *Plant Sci.*, 207: 158–167.القيود على الحصول على النتائج السنوية المتسقة في المحاصيل الشجرية الدائمة. I: يحكم حمل فاكهة ثقيل النمو الخضري.

Smith, S.D., Tissue, D.T., Huxman, T.E. & Loik, M.E. 2009. Ecophysiological responses of desert plants to elevated CO_2: environmen-tal determinants and case studies. In E. De la Barrera & W. Smith, eds. *Perspectives in bio-physical plant ecophysiology: A tribute to Park S. Nobel*, pp. 363–390. Mexico City, UNAM.استجابات بيئية فسيولوجية للنباتات الصحراوية المرتفع: المحددات البيئية ودراسات الحالة. في CO2 لـ إيي. دي لا بيريرا ودبليو. سميث

Smith, G.F., Figueiredo, E., Boatwright, J.S. & Crouch, N.R. 2011. South Africa's ongoing *Opuntia* Mill. (Cactaceae) problem: the case of *Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff. *Bradleya*, 29: 73–78.مشكلة Opuntia Mill. ((الصباريات المستمرة في جنوب أفريقيا: حالة Opuntia microdasys (Lehm.) Pfeiff.

Snoussi Trifa, H., Labra, M. & Ben Salem, H. 2009. Molecular characterization of three Tunisian collections of cactus. *Acta Hortic*., 811: 287–291.تحديد سمات جزيئية لثلاث تجميعات تونسية من الصبار.

Snyman, H.A. 2004. Effect of various water applications on root development of *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* under greenhouse growth conditions. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 6: 35–61.تأثير التطبيقات المائية المختلفة على تطور الجذور الخاصة بـ Opuntia ficus-indica و O. robusta تحت ظروف نمو الصوبة الزجاجية.

Snyman, H.A. 2005. A case study on *in situ* rooting profiles and water-use efficiency of cactus pears, *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 7: 1–21.دراسة حالة على خواص تكوين الجذور في الموقع وفعالية استخدام الماء لأنواع صبار Opuntia ficus-indica و O. robusta.

Snyman, H.A. 2006a. Root distribution with changes in distance and depth of two-year-old cactus pear *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta* plants. *S. Afr. J. Bot.*, 72: 434–441.دراسة حالة على خواص تكوين الجذور في الموقع وفعالية استخدام الماء لأنواع صبار Opuntia ficus-indica و O. robusta.

Snyman, H.A. 2006b. A greenhouse study on root dynamics of cactus pear, *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. *J. Arid Environ*., 65: 529–542.. دراسة صوبة زجاجية على ديناميكيات الجذور صبار Opuntia ficus- indica و O. robusta.

Soberón, J., Golubov, J. & Sarukhán, J. 2001. The importance of *Opuntia* in Mexico and routes of invasion and impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae). *Fla. Entomol.*, 84: 486–492.أهمية Opuntia في المكسيك وأساليب الاجتياح وتأثير Cactoblastis cactorum (حَرْشفيات الأجنحة: النارياث).

Somma, V., Rosciglione, B. & Martelli G.P. 1973. Preliminary observations on gummous canker, a new disease of prickly pear. *Tec. Agric.*, 25: 437–443.الملاحظات الأولية على آفة صمغية، مرض جديد يصيب الصبار

Sosa, R. & Acosta, A. 1966. Poliploidia en *Opuntia* spp. *Agrociencia*, 1: 100–106.

Souto Alves, T., Vanusa da Silva, M., Alves de Almeida, C.M., Oliveira Jordão do Amaral, D., Cordeiro dos Santos, D., Farias, I., Tenório Sabino Donato, V.M. & Da Costa, A.F. 2009. Genetic diversity in cactus clones using ISSR markers. *Acta Hortic*., 811: 55–58.التنوع الوراثي في نسائل الصبار باستخدام مرقمات ISSR.

Souza, T.C. de. 2015. *Sistemas de cultivo para a palma forrageira cv. Miúda (*Nopalea cochenilliifera *Salm Dyck)*. Recife, Brazil, Animal Science, Federal Rural University of Pernambuco (PhD Dissertation). 74 pp.

Souza, E.J., Guim, A., Batista, A.M.V., Santos, K.L., Silva, J.R., Morais, N.A.P. & Mustafa, A.F. 2009. Effects of soybean hulls inclusion on intake, total tract nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* M ill) based diets. *Small Ruminant Res.*, 85: 63–69.تأثيرات تضمين قشور فول الصويا على امتصاص، استخدام المواد المغذية بالمسار الكلي والتخمير الكرشي لماعز تمت تغذيته بنظام غذائية أساسها صبير لافقاري (Opuntia ficus-indica Mill).

Souza, A.E.F., Nascimento, L.C., Araújo, E., Lopes, E.B. & Souto, F.M. 2010. Ocorrência e identificação dos agentes etiológicos de doenças em palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill.) no semiàrido paraibano. *Biotemas*, 23: 11–20.

Spencer, J.L. 1955. A cytological study of the Cac-taceae of Puerto Rico. *Bot. Gaz*., 117: 33–37.دراسة خلوية بيورتريكو.

Spodek, M., Ben Dov, Y., Protasov, A., Car -valho, C.J. & Mendel, Z. 2014. First record of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidaes) from Israel. *Phytoparasitica*, 43: 377–379.. سجل أول من Dactylopius opuntiae (رتبة الحشرات الحرشفية) (نصفية الأجنحة: حشرة قشرية : نصفيات الأجنحة) من إسرائيل.

Sreekanth, D., Arunasree, M.K., Roy, K.R., Chandramohan Reddy, T., Reddy, G.V. & Reddanna, P. 2007. Betanin a betacyanin pigment purified f rom f ruits o f *O puntia fi -cus-indica* induces apoptosis in human chronic myeloid leukemia Cell line-K562. *Phytomedicine*, 14: 739–746.بيتانين وصبغة بيتاسينين منقاة تستحث تلاشي Opuntia ficus-indica من فواكه من الخلايا في سلالات خلية سرطان الدم شبه النخاعي المزمن البشرية K562.

Srikanth, K. & Whang, S.S. 2015. Phylogeny of Korean *Opuntia* spp. based on multiple DNA regions. *Turk. J. Bot*., 39: 635–641.علم الوراثية الكوري على أساس مناطق DNA العرقي لنوع Opuntia المتعددة.

Stassen, P.J.C. & Davie, S.J. 1996. *Planting and training systems for citrus and subtropical fruit trees*. ARC-ITSC Information Bulletin No. 285, pp. 10–19.أنظمة الزراعية والتدريب لأشجار الفواكه من الحمضيات ودون الاستوائية.

Stassen, P.J.C., Davie, S.J. & Snijder, B. 1995. Principles involved in tree management of higher density avocado orchards. *S. Afr. Avoc. Grow. Assoc. Yearb.*, 18: 47–50.المبادئ التي تتدخل في إدراة الشجر لبساتين الأفوكادو ذات الكثافة المرتفعة.

Stintzing F.C. & Carle, R. 2005. Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutr. Food Res.*, 49: 175–194.(نوع Opuntia): مراجعة سيقان الصبار على الكيمياء الخاصة بها، التقنية الخاصة بها، واستخداماتها.

Stintzing, F.C., Schieber, A. & Carle, R. 2001. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *Eur. Food Res. Technol*., 212: 396–407.دلالة ضوئية كيميائية وغذائية للصبار.

Stintzing, F.C., Herbach, K.M., Mosshammer, M.R., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S., Akoh, C.C., Bunch, R. & Felker, P. 2005. Color, betalain pattern and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *J. Agric. Food Chem*., 53: 442–451.نمط الباتالين ومضادات الأكسدة لنسائل صبار (نوع Opuntia)

Stockwell, P. 1935. Chromosome numbers of some of the Cactaceae.*Bot. Gaz*., 96: 565–570. أعضاء كوروموسوم لبعض من الصباريات.

Suaste Dzul, A., Rojas Martínez, R.I., Ochoa Martínez, D., Zavaleta Mejía, E., Pérez Brito, D., Hernández Juárez, C. & Rodríguez Martínez, D. 2012a. Virus associated with thickening of the cladodes of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.). *J. Biotechnol. Biodiversity*, 3: 100–107.فيروس مرتبط بسماكة السيقان الورقية لصبار (Opuntia ficus-indica Mill.).

Suaste Dzul, A., Rojas Martínez, R.I., Zavaleta, M.E. & Pérez, B.D. 2012b. Detección molecular de fitoplasmas en nopal tunero (*Opuntia ficus-indica*) con síntomas de engrosamiento del cladodio. *Rev. Mex. Fitopatol.*, 30: 72–80.

Sudzuki Hills, F. 1995. Anatomy and morphology. In G. Barbera, P. Inglese & E. Pimienta Barrios, eds. *Agro-ecology, cultivation and uses ofs of cactus pear*, pp. 28–35. FAO Plant Production and Protection Paper No. 132. Rome, FAO.طبعات النظام الحيوي الزراعي، زراعة واستخدامات الصبار

Sudzuki Hills, F., Muñoz, C. & Berger, H. 1993. *El cultivo de la tuna (cactus pear)*. First Edition. Faculty of Agronomic Science, Department of Agricultural Production, University of Chile. 88 pp.

Sulé, M.A., Paquin, J.P. & Lévy, J.P. 2002. Modelling perceived quality in fruit products: their extrinsic and intrinsic attributes. *J. Food Prod. Mark.*, 8(1): 29–48.حافظت النماذج على الجودة في منتجات الفاكهة: الخواص الخارجية والداخلية لها.

Sumaya Martìnez, M.T., Cruz Jaime, S., Marigal Santillàn, E., Garcìa Paredes, J.D., Cariño Cortés, R., Cruz Cansino, N., Valadez Vega, C., Martinez Cardenas, L. & Alanìs Carcìa, E. 2011. Betalain, acid ascorbic, phenolic contents and antioxidant properties of purple, red, yellow and white cactus pears. *Int. J. Mol. Sci.*, 12: 6452–6468.بيتالين، حمض أسكوربيك، محتويات فينولية وخواص مضادة للأكسدة لأنواع الصبار البنفسجية، الحمراء، الصفراء والبيضاء.

Swart, W.J. 2009. Strategies for the management of cactus pear diseases: A global perspective. *Acta Hortic*., 811: 207–216.استراتيجيات لإدارة أمراض الصبار: منظور شامل.

Swart, W.J. & Kriel, W.M. 2002. Pathogens associated with necrosis of cactus pear cladodes in South Africa. *Plant Dis.*, 86: 693–693.مولدات ممرضة مرتبطة بنخر السيقان الورقية من الصبار في جنوب أفريقيا.

Swart, W.J. & Swart, V.R. 2002. The current status of research on diseases of *Opuntia ficus-indica* in South Africa. *Acta Hortic.*, 581: 239–245.الحالة الحالية للبحث بخصوص الأمراض في جنوب أفريقيا Opuntia ficus-indica

Swart, W.J., Oelofse, R.M. & Labuschagne, M.T. 2003. Susceptibility of South African cactus pear varieties to four fungi commonly associated with disease symptoms. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 86–97.عرضة أصناف الصبار الجنوب أفريقي إلى أربع فطريات مرتبطة بشكل شائع بأعراض المرض.

Tafoya, F. 2006. Manejo del picudo del nopal, *Metamasius spinolae* (Coleoptera: Curculionidae) con feromonas. In J.F. Barrera & P. Monoya, eds. Simposio sobre Trampas y Atrayentes en Detección, Monitoreo y Control de Plagas de Importancia Económica, Colima, Mexico, Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Manzanillo, pp. 27–34.

Tagliavini, M., Panzacchi, P., Ceccon, C., Liguori, G., Bertolla, C., Meggio, F., Tonon, G., Corelli Grappadelli, L., Celano, G., Gucci, R., Pitacco, A. & Inglese, P. 2008. Fluxes of carbon in Italian orchards. In Abstracts of the 1st Symposium on Horticulture in Europe, Vienna. 90 pp.تدفقات الكربون في البساتين الإيطالية.

Tangiorgi Tomasi L. & Tosi, A. 1990. *Flora e pomona. L'orticoltura nei disegni e nelle incisioni dei secolo XIV–XIX*. Florence, Italy, Leo S. Olschki Ed.

Tapia, C.C. 1983. *Cultivo da palma forrageira e figo da índia.* Boletin técnico 141. EMPARN. 41 pp.

Targa, M.G., Leguizamon, G., Coronel de Renolfi, M. & Ochoa, M.J. 2013. Economic feasibility of *scozzolatura* in traditional and improved orchards of cactus pear in Santiago del Estero, Argentina. *Acta Hortic*., 995: 189–200.الجدوى الاقتصادية لـ scozzolatura في البساتين التقليدية والمحسنة للصبار في سانتياجو ديل إسترو، أرجنتين

Tegegne, F. 2001. Nutritional value of *Opuntia ficus indica* as ruminant feed in Ethiopia. In C. Mondragón Jacobo & S. Pérez González, eds. *Cactus (Opuntia spp.) as forage*, pp. 91–99. FAO Plant Production and Protection Paper No. 169. Rome, FAO. القيمة الغذائية لـ Opuntia ficus indica في صورة غذاء كرشي في أثيوبيا.

Tegegne, F., Kijora, C. & Peters, K.J. 2007. Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water. *Small Ruminant Res.*, 72: 157–164.دراسة على المستوى الأمثل لتكميل (Opuntia ficus-indica) للضأن ومساهمته في صورة مصدر ماء.

Téllez, O. 1911. La cochinilla o grana. *Bol. Dir. Gen. Agric. Mex*., 3: 244–255.

Terrazas Salgado, T. & Arias, S. 2003. Comparative stem anatomy in the subfamily Cactoideae. *Bot. Rev.*, 68: 444–473. تشريح ساق مقارن في العائلة الفرعية من الصباريات.

Terrazas Salgado, T. & Mauseth, J.D. 2002. Shoot anatomy and morphology. In P.S. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses*, pp. 23–40. Berkeley, CA, USA, University of California Press. تشريح النبتة والشكل في بي. إس. نوبل، طبعة الصباريات: القدرة الحيوية والاستخدامات

Terrazas Salgado, T., Loza Cornejo, S. & Arreola Nava, H.J. 2005. Anatomía caulinar de las especies del género Stenocereus (Cactaceae). *Acta Bot. Venez.*, 28: 321–336.

Tesoriere, L., Butera, D.L., D'Arpa, D., Di Gaudio, F., Allegra, M., Gentile C. & Livrea M.A. 2003. Increased resistance to oxidation of betalain-enriched human low density lipoproteins. *Free Radical Res.*, 37: 689–696. المقاومة المتزايدة لأكسدة البروتينات الدهنية منخفضة الكثافة البشرية المخصبة بالبيتالين

Tesoriere, L., Butera, D., Pintaudi, A.M., Allegra, M. & Livrea, M.A. 2004. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C. *Am. J. Clin. Nutr.*, 80: 391–395. مكملات صبار (Opuntia ficus-indica) تقلل الفاكهة من الإجهاد التأكسدي في البشر الأصحاء:دراسة مقارنة مع فيتامين ج

Tesoriere, L., Butera, D., Allegra, M., Fazzari, M. & Li ea, M.A. 2005a. Distribution of betalain pigments in red blood cells after consumption of cactus pear fruits and increased resistance of the cells to ex vivo induced oxidative hemolysis in humans. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 1266–1270. توزيع أصباغ بيتالين في خلايا الدم الحمراء بعد حرق فاكهة الصبار والمقاومة المتزايدة للخلايا إلى خارج الجسم الحي المستحثة بواسطة انحلال الأكسدة في البشر.

Tesoriere, L., Fazzari, M., Allegra, M. & Livrea, M.A. 2005b. Biothiols, taurine, and lipid-soluble antioxidants in the edible pulp of Sicilian cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits and changes of bioactive juice components upon industrial processing. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 7851–7855. مركبات البيوثيول، التورين، ومضادات الأكسدة الدهنية القابلة للذوبان في لب الفاكهة وتغيرات (Opuntia ficus-indica) الصبار الصقلي مكونات الخلاصة النشطة حيوياً بناءً على المعالجة الصناعية.

Tessitori, M., Masenga, V. & Marzachì, C. 2006. First report of a phytoplasma associated with abnormal proliferation of cladodes in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) in Italy. *Plant Pathol.*, 55: 292. التقرير الأول للفيتوبلازما المرتبطة بالتكاثر غير الطبيعي للسيقان الورقية في الصبار (Opuntia ficus-indica) في إيطاليا.

Testoni, A. & Eccher Zerbini, P. 1990. Conservazione del fico d'India in atmosfera normale e controllata. *Ann. Ist. Sper. Valorizzazione Tecnol. Prod. Agric.*, 21: 131–139.

Timpanaro, G., Urso, A., Spampinato, D. & Foti, V.T. 2015a. Fresh-cut cactus pear market in Italy: Current scenario and future perspectives. *Acta Hortic.*, 1067: 399–406. سوق القطع الناضجة من الصبار في إيطاليا: السيناريو الحالي والرؤى المستقبلية.

Timpanaro, G., Urso, A., Spampinato, D. & Foti, V.T. 2015b. Cactus pear market in Italy: Competitiveness and perspectives. In Proceedings of the VIII International Congress on Cactus Pear and Cochineal. *Acta Hortic.*, 1067: 407–415. سوق الصبار في إيطاليا: التنافسية والرؤى المستقبلية.

Tlili, N., Bargougui, A., Elfalleh, W., Triki, A. & Nasri, 2011. Phenolic compounds, protein, lipid content and fatty acids compositions of cactus seeds. *J. Med. Plants Res.*, 5(18): 4519–4524. مركبات الفينول، تركيبات البروتين، المحتوى الشحمي والأحماض الدهنية لبذور الصبار.

Todisco, S., Tallarico, P. & Gupta, B. 2002. Mass transfer and polyphenols retention in the clarification of black tea with ceramic membranes. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 3: 255–262. نقل الكتلة واحتجاز مركبات البولي فينول في تنقية الشاي الأسود بواسطة أغشية خزفية.

Tohá, J. 1999. La tuna como fuente de energía. *Rev. Bioplanet*. Santiago, Chile.

Torres Sales, T.A. 2010. Sistemas de producción de nopal forrajero en Brasil. *Rev. Salud Publica Nutr.*, 5 [Edición Especial]: 57–69.

Trachtenberg, S. & Mayer, A.M. 1981. Composition and properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. *Phytochem.*, 20(12): 2665–2668. تركيبات وخواص الهلام النباتي للصبار.

Trejo Gonzalez, A., Gabriel Ortiz, G., Puebla Perez, A.M., Huizar Contreras, M.D., Mun-gia Mazariegos, M.R., Mejia Arreguin, S. & Calva, E. 1996. A purified extract from prickly pear cactus (*Opuntia filiginosa*) con-trols experimentally induced diabetes in rats. *J. Ethnopharmacol.*, 55: 27–33. مستخلص نقي من صبار (Opuntia filiginosa) يتحكم في مرض السكري المستحث بشكل تجريبي في الفئران.

Trentacoste, E.R., Connor, D.J. & Gomez del

Campo, M. 2015. Row orientation: applications to productivity and design of hedgerows in horticultural and olive orchards. *Sci. Hortic.*, 187: 15–29. توجيه صفي: تطبيقات لإنتاجية وتصميم صفوف الحواجز في بساتين الزيتون وزراعة البساتين.

Tsuda, S., Murakarni, M., Kano, K., Taniguchi, K. & Sasaki, Y.F. 2001. DNA damage induced by red food dyes orally administered to pregnant and male mice. *Toxicol. Sci.*, 61(1): 92–99. تلف DNA المستحث بواسطة صبغات الطعام التي يتم إعطائها عن طريق الفم للفئران الذكور والحوامل.

Tudisca, S., Di Trapani, A.M., Sgroi, F. & Testa, R. 2015. Costs, revenues and income of Sicilian farms that cultivate cactus pear. *Acta Hortic.*, 1067: 371–377. تكاليف، عائدات ودخل المزارع الصقلية التي تزرع نبات الصبار

Tukuypaj. 1993. *Experiencias en la cría de la cochinilla del carmín en Cochabamba, Bolivia*. 53 pp.

Turpin, H.W. & Gill, G.A. 1928. *Versekering teen droogte: teen-droogte-bestande voersoorte met spesiale verwysing na turksvy*. Pamphlet No. 36. Department of Agriculture, Union of South Africa. Pretoria, Government Printer. 64 pp.

UN-DESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2015. *World population prospects. Key findings and advance tables* (available at https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf). توقعات بشأن السكان على مستوى العالم.

University of California Cooperative Extension. UC Small Farm Program. 1989. *Prickly pear cactus production* (available at http://sfp.ucdavis.edu/pubs/brochures/Pricklypear/).. إنتاج نبات الصبار

UNSO/UNDP (Office to Combat Desertification and Drought/United Nations Development Programme). 1997. *Drought preparedness and management for western African countries*. الإعداد للجفاف وإدارته بدول غرب أفريقيا.

Unterpertinger, T. 2006. Commercial cactus pear production in South Africa: a farmer's perspective. Abstract in Proceedings of the 2006 International Cactus Pear Conference, 29–31 March 2006, Bloemfontein, South Africa, p. 5. الإنتاج التجاري لنبات الصبار في جنوب أفريقيا: من وجهة نظر المزارع.

Uribe, J., Varnero, M.T. & Benavides, C. 1992. Biomasa de tuna (*Opuntia ficus-indica.* L. Mill) como acelerador de la digestión anaeróbica de guano de bovino. *Simiente*, 62(1): 14–18.

Valadez Moctezuma, E., Ortiz Vásquez, Q. & Samah, S. 2014. Molecular based assessment of genetic diversity of xoconostle accessions (*Opuntia* spp.). *Afr. J. Biotechnol.*, 13: 202–210. التقييم على أساس جزيئي للتنوع الجيني لقدرة الوصول إلى فصائل الصبار (Opuntia spp)

Valadez Moctezuma, E., Samah, S. & Luna Paez, A. 2015. Genetic diversity of *Opuntia* spp. varieties assessed by classical marker tools (RAPD and ISSR). *Plant Syst. Evol.*, 301: 737–747. تم تقييم التنوع الجيني لـ Opuntia spp. الأشكال المختلفة بواسطة أدوات الترقيم فائقة الجدوى (RAPD و ISSR).

Valdez Cepeda, R.D., Blanco Macías, F., Magallanes Quintanar, R., Vázquez Alvarado, R.E. & Reveles Hernández, M. 2009. Avances en la nutrición del nopal en México. *Rev. Salud Publica Nutr.*, 5 [Edición Especial]: 1–14.

Valdez Cepeda, R.D., Blanco Macias, F., Magallanes Quintanar, R., Vasquez Alvarado, R. & Mendez Gallegos, S. de Jesus. 2013. Fruit weight and number of fruits per cladode depend on fruiting cladode fresh and dry weight in *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller variety 'Rojo pelon'. *Sci. Hortic.*, 161: 165–169.. وزن الفاكهة وعدد الفاكهة بكل ساق ورقي حسب الوزن في الحالة الجافة والطازجة للساق الورقي المنتج للفاكهة فيOpuntia ficus-indica (L.) Miller فصيلةRojo pelon ".

Van Dam, A. & May, B. 2012. A new species of *Dactylopius* Costa (*Dactylopius gracilipilus* sp. Nov.) (Hemiptera: Coccoidea: Dactylopiidae) from the Chihuahuan Desert, Texas, U.S.A. *Zootaxa*, 3573: 33–39. فصائل جديدة من الدودة القرمزية Costa (Dactylopius gracilipilus sp.Nov) رتبة الحشرات نصفية الأجنحة: حشرة قشرية : نصفيات الأجنحة) من صحراء شيهيواهيوان، تكساس، الولايات المتحدة الأمريكية

Van Dam, A., Portillo, L., Jeri, A. & May, B. 2015. Range wide phylogeography of *Dactylopius coccus* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 108: 299–310. جغرافيا الأعراق واسعة النطاق من الدودة القرمزية (رتبة الحشرات نصفية الأجنحة: نصفيات الأجنحة).

Van Der Merwe, L.L., Wessels, A.B. & Ferreira, D. 1997. Supplementary irrigation for spineless cactus pear. *Acta Hortic.*, 438: 77–82. الري التكميلي لصبار اللاافقاري

Vardi, A., Levin, I. & Carmi, N. 2008. Induction of seedlessness in *Citrus*: from classical techniques to emerging biotechnological approaches. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 133(1): 117–126. حث انعدام البذورفي Citrus: من التقنيات فائقة الجودة لبزوغ المناهج التقنية الحيوية.

Vargas, G. & Flores, V. 1986. Frecuencia de oviposición de la "cochinilla del carmín" *Dactylopius coccus* Costa en condiciones de laboratorio. En Resúmenes del Primer Congreso Nacional de Tuna y Cochinilla, Ayacucho, Peru, pp. 40–41

Varnero, M.T. 1991. *Manual de reciclaje orgánico y biogás*. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura (FIA), Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 48 pp.

Varnero, M.T. 2001. Sistemas de reciclaje de residuos sólidos orgánicos: biodigestores. *Rev. Chile Agric.*, 26(250): 132–135.

Varnero, M.T. & Arellano, J. 1991. *Aprovechamiento racional de desechos orgánicos*. Informe Técnico. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura (FIA), Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 98 pp.

Varnero, M.T. & García de Cortázar, V. 1998. Energy and biofertilizer production: alternative uses for pruning-waste of cactus-pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill). In Proceedings of the International Symposium on Cactus Pear and *Nopalitos* Processing and Uses, 24–26 September 1998, Santiago, Chile, pp. 96–

102. Faculty of Agrarian and Forest Sciences, University of Chile, CactusNet. انتاج الطاقة والتخصيب الحيوي: استخدامات بديلة لحرق مخلفات صبار (Opuntia ficus-indica L. Mill).

Varnero, M.T. & García de Cortázar, V. 2006.

Producción de bioenergía y fertilizantes a partir de los nopales. In C. Sáenz, ed. *Utilización agroindustrial del nopal*, pp. 113–120. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO No. 162. Rome, FAO.

Varnero, M.T & García de Cortázar, V. 2013. Production of bioenergy and fertilizers from cactus cladodes. In C. Sáenz, ed. *Agro-industrial utilization of cactus pear*, pp.103–109. Rural Infrastructure and Agro-Industries Division. Rome, FAO. 150 pp.. انتاج الطاقة والمخصبات الحيوية من السيقان الورقية للصبار

Varnero, M.T. & López, X. 1996. *Efecto del tamaño y edad de cladodios de tuna en la fermentación metanogénica de guano de bovino*. Boletín No. 11, Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo, pp. 80–89.

Varnero, M.T., Uribe, J.M. & López, X. 1992. Factibilidad de una biodigestión anaeróbica con mezclas de guano caprino y cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica.* L. Mill). *Terra Aridae*, 11: 166–172.

Varvaro, L., Granata, G. & Balestra, G.M. 1993. Severe *Erwinia* caused damage on *Opuntia ficus-indica* in Italy. *J. Phytopathol.*, 138: 325–330.Erwinia في شكلها الحاد المتسببة في تلف نبات الصبار في إيطاليا.

Vasconcelos, A.G.V, de Lira, M.A., Cavalcanti, V.L.B., dos Santos, M.V.F. & Willadino, L. 2009. Selection of pickly-pear clones resistant to carmine cochineal *Dactylopius* sp. *Rev. Bras. Zootec.*, 38(5): 827–831.2009 انتقاء نسائل الصبار المقاومة كارماين الدودة القرمزية من فصيلة النصفيات sp. Rev.

Vasquez Alvarado, R.E., Olivares Saenz, E., Zavala Garcia, F. & Valdez Cepeda, R.D. 2006. Utilisation of manure and fertilisers to improve the productivity of cactus pear. *Acta Hortic.*, 728: 151–158. استخدام الزبل والمخصبات لتحسين إنتاجية نبات الصبار

Vásquez Alvarado, R., Valdez Cepeda, R.D. & Blanco Macías, F. 2009. Riego y fertilización del nopal verdura. *Rev. Salud Publica Nutr.*, 2[Edición Especial]: 19–35.

Vásquez Méndez, R., Ventura Ramos, E., Oleschko, K., Hernández Sandoval, L. & Domínguez Cortázar, M.A. 2011. Soil erosion processes in semiarid areas: The importance of native vegetation. In *Soil erosion studies*. InTech. 332 pp.في عمليات تعرية التربة المناطق شبه القاحلة:أهمية الزراعة المحلية للخضروات. في دراسات تعرية التربة

Veras, R.M.L., De Andrade Ferreira, M., Ramos De Carvalho, F.F. & Chaves Véras, A.S. 2002. Farelo de Palma Forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em Substituição ao Milho. 1. Digestibilidade Aparente de Nutrientes. *Rev. Bras. Zootec.*, 31(3): 1302–1306.

Veras, R.M.L., De Andrade Ferreira, M., De Araújo Cavalcanti, C.V., Chaves Véras, A.S., Ramos De Carvalho, F.F., Arruda Dos Santos, G.R., Souza Alves, K. & De Souto Maior Jr., R.J. 2005. Substituição do Milho por Farelo de Palma Forrageira em Dietas de Ovinos em Crescimento Desempenho. *Rev. Bras. Zootec.*, 34(1): 249–256.

Vergara, C., Saavedra, J., Sáenz, C., García, P. & Robert, P. 2014. Microencapsulation of pulp and ultrafiltered cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) extracts and betanin stability during storage. *Food Chem.*, 157: 246–251.الكبسلة الدقيقة لخلاصات اللب و نبات الصبار فائق التنقية (Opuntia ficus-indica) واستقرار البيتانين أثناء التخزين.

Vessels, H.K., Bundy, C.S. & McPherson, J.E. 2013. Life history and laboratory rearing of *Narnia femorata* (Hemiptera: Heteroptera: Coreidae) with descriptions of immature stag-es. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 106(5): 575–585. رتبة الحشرات نصفية الأجنحة: متجانسا الأجنحة : نصفيات الأجنحة مع وصف أطوار النضج.

Vieira, E. 1996. *Elementary food science*. Fourth Edition. B.V. Hathorne, Massachusetts, USA, Springer-Science, Business Media.علم التغذية الأولية. الطبعة الرابعة

Vigueras, A.L. & Portillo, L. 2014. *Control de cochinilla Silvestre y Cría de Grana Cochinilla*. Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco. 66 pp.

Vigueras, A.L., Portillo, L. & Flores, V.I. 1993. Influencia de los macro y microelementos aplicados a cladodios de *Opuntia ficus-indica* sobre el desarrollo de la cochinilla. *Quepo*, 7: 81–91.

Volchansky, C.R., Hoffmann, J.H. & Zimmermann, H.G. 1999. Host-plant affinities of two biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae) enhanced prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Cactaceae) in South Africa. *J. Appl. Ecol.*, 36: 85–91.ألفات العائل النباتي لنوعين حيويين من الحشرة القشرية القرمزية على الصبار (متشابهات الأجنحة: الوعفيات) منظورات معززة للتحكم البيولوجي في الصبار الأرجواني في جنوب أفريقيا.

Walkington, D.L. 1968. The taxonomic history of southern California Prickly Pears*Cact. Succ. J. (Los Angeles)*, 40: 186–192. التاريخ التصنيفي للصبار بجنوب كاليفورنيا

Walters, M., Figueiredo, E., Crouch, N.R., Winter, P.J.D., Smith, G.F., Zimmermann, H.G. & Mashope, B.K. 2011. Naturalised and invasive succulents of southern Africa. *Abc Taxa*, 11 (available at www.abctaxa.be).العصارات المتعادلة والاجتياحية بجنوب أفريقيا

Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh Guldberg, O. & Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389–395.
الاستجابات البيئية للتغيرات المناخية الحديثة

Wang, N. & Nobel, P.S. 1996. Doubling the CO_2 concentration enhances the activity of carbohydrate-metabolism enzymes, source carbohydrate production, photoassimilate transport, and sink strength for *Opuntia fi-cus-indica*. *Plant Physiol.*, 110: 893–902. يُعزز إقران تركيز CO2 من نشاط إنزيمات التأيض بالكربوهيدرات، إنتاج الكربوهيدرات بالمصدر، النقل المائل للضوء، شدة حوض الغسل الخاص بـ صبار (Opuntia ficus-indica).

Wang, X., Felker, P. & Paterson, A. 1997. En-vironmental influences on cactus pear fruit yield, quality and cold hardiness and develop-ment of hybrids with improved cold hardiness. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 2: 48–59. التأثيرات البيئية على ناتج فاكهة الصبار ، وجودته والتصلب على البارد وتطوير الهجائن بالتصلب المحسن على البارد

Wang, X., Felker, P., Burrow, M.D. & Paterson, A.H. 1998. Comparison of RAPD marker patterns to morphological and physiological data in the classification of *Opuntia* acces-sions. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 3: 3–14. مقارنة الأنماط المرقمة لـ RAPD بالبيانات الشكلية والفسيولوجية في تصنيف قدرة الوصول إلى فصائل الصبار

Wang, X., Felker, P., Burrow, M.D. & Paterson, A.H. 1999. Comparison of RAPD marker patterns to morphological and physiological data in the classification of *Opuntia* acces-sions. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 3: 3–15. مقارنة الأنماط المرقمة لـ RAPD بالبيانات الشكلية والفسيولوجية في تصنيف قدرة الوصول إلى فصائل الصبار

Weedin, J.F. & Powell, A.M. 1978. Chromosome numbers in Chihuahuan desert Cactaceae. Trans-Pecos Texas. *Am.. J. Bot.*, 65: 531–537. أعداد الكروموزوم في صبار صحراء شيواوية.

Weiss, J., Nerd, A. & Mizrahi, Y. 1993a. Vegetative parthenocarpy in the cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) *Ann. Bot.*, 72(6): 521–526. الإثمار البكري في صبار (Opuntia ficus-indica (L.) Mill)

Weiss, Y., Edelman, S. & Fahle, M. 1993b. Models of perceptual learning in vernier hyperacuity. *Neural Comput.*, 5: 695–718. نماذج التعليم المنظوري في الحدة الفائقة للورنية.

Wessels, A.B. 1988a. *Spineless prickly pears*. Johannesburg, South Africa, Perksor. 61 pp.صبار اللاقفاري.

Wessels, A.B. 1988b. Snoei, vruguitdunning, vrugontwikkeling en vrugkwaliteit van doringlose turksvye. In Proceedings of the First National Symposium on Fruit Production of Spineless Prickly Pears, 2–4 February 1988, University of Pretoria, South Africa, pp. 12–20.

Wessels, A.B. 1988c. Geografiese verspreiding van die doringlose turksvy *Opuntia ficus-indica* Mill. In Proceedings of the First National Symposium on Fruit Production of Spineless Prickly Pears, 2–4 February 1988, University of Pretoria, South Africa, pp. 1–6.

Wessels, A.B. 1988d. *Kritiese evaluering van 'n aantal doringlose turksvukultivars*. In Proceedings of the First National Symposium on Fruit Production of Spineless Prickly Pears, 2–4 February 1988, University of Pretoria, South Africa, pp. 21–24.

Wessels, A.B. 1989. *Morfogenese en potensiaal van die turksvyvrug (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.)*. Pretoria, South Africa, Department of Horticulture, University of Pretoria (DSc thesis). 248 pp.

Wessels, A.B. 1992a. Turksvye vir die mark (1): klimaat en kultivars. *Landbouweekblad*, 4 Sept.: 40–41.

Wessels, A.B. 1992b. Turksvye vir die mark (4): Pluk, hantering en verpakking. *Landbouweekblad*, 25 Sept.: 34–37.

Wessels, A.B. & Swart, E. 1990. Morphogenesis of the reproductive bud and fruit of the prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L. Mill. cv Morado). *Acta Hortic.*, 275: 245–253.التوليد الشكلي لبراعم إعادة الإنتاج وفاكهة الصبار (Opuntia ficus-indica (L. Mill. cv Morado).

Wessels, A.B., Van Der Merwe, L.L. & Du Plessis, H. 1997. Yield variation in clonally propagated *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. plants when terminal cladodes are used. *Acta Hortic.*, 438: 73–76. تنوع الناتج في الصبار ميل (L.) الذي تم نشره بشكل نسائلي.

White Dove Farm. 2015. *The living cactus fence: Botanical name:* Opuntia violacea santa rita. *Common name: Blue Opuntia* (available at http://www.whitedovesfarmfresh.com/Cactus-Fencing-Opunita-and-Prickly-Pear-Ce-reus-White-Dove-Farm.html).حائل الصبار الحي: الاسم النباتي: Opuntia violacea santa rita . الاسم الشائع: صبارة القبة الزرقاء

Wiese, J., McPherson, S., Odden, M.C. & Shlipak, M.G. 2004. Effect of *Opuntia ficus-indica* on symptoms of the alcohol hangover. *Arch. Intern. Med.*, 164: 1334–1340.تأثير الصبارOpuntia ficus-in-dica على أعراض صداع الكحول.

Winckler, G. 2002. *The CCD as a strategic framework for natural resource management in dry zones - Mainstreaming the CCD, and synergies between the conventions*. Proceedings of the 12th ISCO Conference, Volume IV, 26–31 May 2002, Beijing, China. 651 pp.الـ CCD كإطار عمل استراتيجي لإدارة الموارد الطبيعية في المناطق الجافة

Winston, R.L., Schwarzländer, M., Hinz, H.L., Day, M.D., Cock, M.J.W. & Julien, M., eds. 2014. *Biological control of weeds: A world catalogue of agents and their target weeds*. 5th Edition. Morgantown, West Virginia, USA, Forest Service, Forest Health Technolo-gy Enterprise Team. 838 pp.:التحكم الحيوي في حشائش كتالوج عالمي بالعوامل وما تستهدفها من حشائش.

Wolfram, R.M., Kritz, H., Efthimiou, Y., Stomatopoulos, J. & Sinzinger, H. 2002. Effect of prickly pear (*Opuntia robusta*) on glucose- and lipid-metabolism in non-diabetics with hyperli pidemia-a pilot study. *Wien. Klin. Wochenschr.*, 114: 840–846.تأثير صبار (Opuntia robusta) على تأيض الشحوم والجلوكوز في من لا يُعانون من مرضى السكري ويعانون من فرط شحميات الدم

Wolfram, R.M., Budinsky, A., Efthimiou, Y., Stomatopoulos, J., Oguogho, A. & Sinzinger, H. 2003. Daily prickly pear consumption improves platelet function. *PLEFA*, 69: 61–66.يحسن استهلاك الصبار من وظيفة الصفيحات.

Wolstenholme, B.N. 1977. A simple climatic classification for tropical and sub-tropical areas and fruits in South Africa. *Crop Prod.*, 6: 35–39. تصنيف مناخي بسيط للمناطق الاستوائية والأقل من الاستوائية والفواكه في جنوب أفريقيا.

Wright, N. 1963. A thousand years of cochineal. A lost but traditional Mexican industry on its way back. *Am. Dyest. Rep.*, 52: 53–62.ألالاف الأعوام من القرمزيات. صناعة مفقودة لكنها تقليدية في سبيلها للعودة.

Wu, L.C., Hsu, H.W., Chen, Y.C., Chiu, C.C., Lin, Y.I. & Ho, J.A. 2006. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chem.* 95: 319–327.الأنشطة المضادة للأكسدة والمضاد للتكاثر لفاكهة الصابر الأحمر

Yahia, E.M. & Mondragón, J.C. 2011. Nutritional components and anti-oxidant capacity of ten cultivars and lines of cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Food Res. Int.*, 44: 2311–2318. المكونات الغذائية والقدرة المضادة للأكسدة لعشرات المستنبتات النباتية وسلالات فاكهة الصبار (نوع Opuntia).

Yahia, E.M. & Sàenz, C. 2011. Cactus pear (*Opuntia* species). In E.M. Yahia, ed. *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*, Vol. 2, pp. 290–329. Cambridge, UK, Woodhead Publishing.نبات الصبار (نوع Opuntia)

Yahia, E.M., Ornelas, J. de J. & Anaya, A. 2009. Extraction and chemical charactersitics of mucilage from mesquite, Aloe vera, maguey and prickly pear cactus cladodes (nopal) and evaluation of its prebiotic effect on the growth of 2 probiotic bacteria. *Acta Hortic.*, 841: 625–628.السمات الاستخلاصية والكيميائية الصمغية السائلة من سيقان ورقية من المسكيت، أوراق فيرا، أغاف أمريكي و الصبار (نوبال) وتأثيره الأولي حيوياً على نمو 2 من البكتيريا المعززة حيوياً.

Yáñez Fernández, J., Salazar Montoya, J.A., Chaires Martínez, L., Jiménez Hernández, J., Márquez Robles, M. & Ramos Ramírez, E.G. 2002. Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. *Avance y Perspectiva*, 21: 313–319.

Yang, N., Zhao, M., Zhu, B., Yang, B., Chen, C., Cui, C. & Jiang, Y. 2008. Anti-diabetic effects of polysaccharides from *Opuntia monacantha* cladode in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 9: 570–574.تأثيرات مضادة للسكري للبولي سكاريدات من ساق نباتية من Opuntia monacantha في جرذان مصابة بالسكري طبيعية ومستحثة بستربيتوزوتوسين.

Zeeman, D.Z. 2005. *Evaluation of sun-dried Opuntia ficus-indica v ar. A lgerian c ladodes i n sheep diets*. Bloemfontein, South Africa, University of the Free State (MSc dissertation).تقييم السيقان النباتية من نبات Opuntia ficus-indica var. Algerian المجفف بالشمس.

Zegbe Dominguez, J.A. & Mena Covarrubias, J.M. 2006. *Modificacion de la fl oracion, maduracion y epoca de cosecha del nopal tunero (*Opuntia *spp.)*. Folleto Cientifico No. 8. Zacatecas, Mexico, INIFAP.

Zegbe Dominguez, J.A. & Mena Covarrubias, J. 2009. Flower bud thinning in 'Rojo Liso' cactus pear. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 84: 595–598. ترقيق برعم الزهرة في الصبار من نوع " Rojo Liso".

Zegbe Dominguez, J.A. & Mena Covarrubias, J. 2010a. Two reproductive bud thinning alternatives for cactus pear. *HortTechnol.*, 20: 202–205.اثنين من بدائل ترقيق البرعم الإنتاجي للصبار.

Zegbe Dominguez, J.A. & Mena Covarrubias, J. 2010b. Postharvest changes in weight loss and quality of cactus pear undergoing reproductive bud thinning. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 12: 1–11.التغييرات بعد الحصاد في فقد الوزن وجودة الصبار الخاضع لترقيق البرعم الإنتاجي.

Zegbe Dominguez, J.A., Serna Perez, A. & Mena Covarrubias, J. 2014. Mineral nutrition enhances yield and affects fruit quality of 'Cristalina' cactus pear. *Sci. Hortic.*, 167: 63–70. تعزز التغذية المعدنية من الناتج وتؤثر في جودة الفاكهة من الصبار من نوع "كريستالينا".

Zegbe Dominguez, J.A., Serna Perez, A. & Mena Covarrubias, J. 2015. Irrigation enhances postharvest performance of 'Cristalina' cactus pear fruit. *Acta Hortic.*, 1067: 417–422.يعزز الري من الأداء بعد الحصاد للفاكهة من الصبار من نوع "كريستالينا".

Zemon, J. 2015. *The desert cactus. Cactus is an American plant* (available athttp://www.desertusa.com/cactus/the-cactus.html). الصبار الصحراوي. الصبار يعد عبارة عن نبات أمريكي

Zimmermann, H.G. 2010. *Notes on cactus invasions in Namibia*. FAO Report UTF/NAM/004/NAM. 20 pp.

Zimmermann, H.G. 2011. History of invasive succulent plants in the region.*Abc Taxa,* 11: 13–19.تاريخ النباتات العصارية الاجتياحية في المنطقة.

Zimmermann, H.G. & Granata, G. 2002. Insect pests and diseases. In P.S. Nobel, ed. *Cacti: Biology and uses*, pp. 235–254. Berkeley, CA, USA, University of California Press.آفات الحشرات والأمراض.

Zimmermann, H.G. & Moran, V.C. 1982. Ecology and management of cactus weeds in South Africa. *S. Afr. J. Sci.*, 78: 314–320.النظام البيئي وإدارة أعشاب الصبار في جنوب أفريقيا.

Zimmermann, H.G., Moran, V.C. & Hoffmann, J.H. 2001. The renowned cactus moth, *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera, Pyralidae): its natural history and threat to native Opuntia floras in Mexico and the United States. *Diversity and Distribution*, 6: 259–269.الحشرة المجنحة للصبار ذائعة الصيت، Cactoblastis cactorum (حرشفيات الأجنحة، النباريات): تاريخها الطبيعي وتهديدها لنباتات Opuntia flora الأصلية في المكسيك والولايات المتحدة الأمريكية.

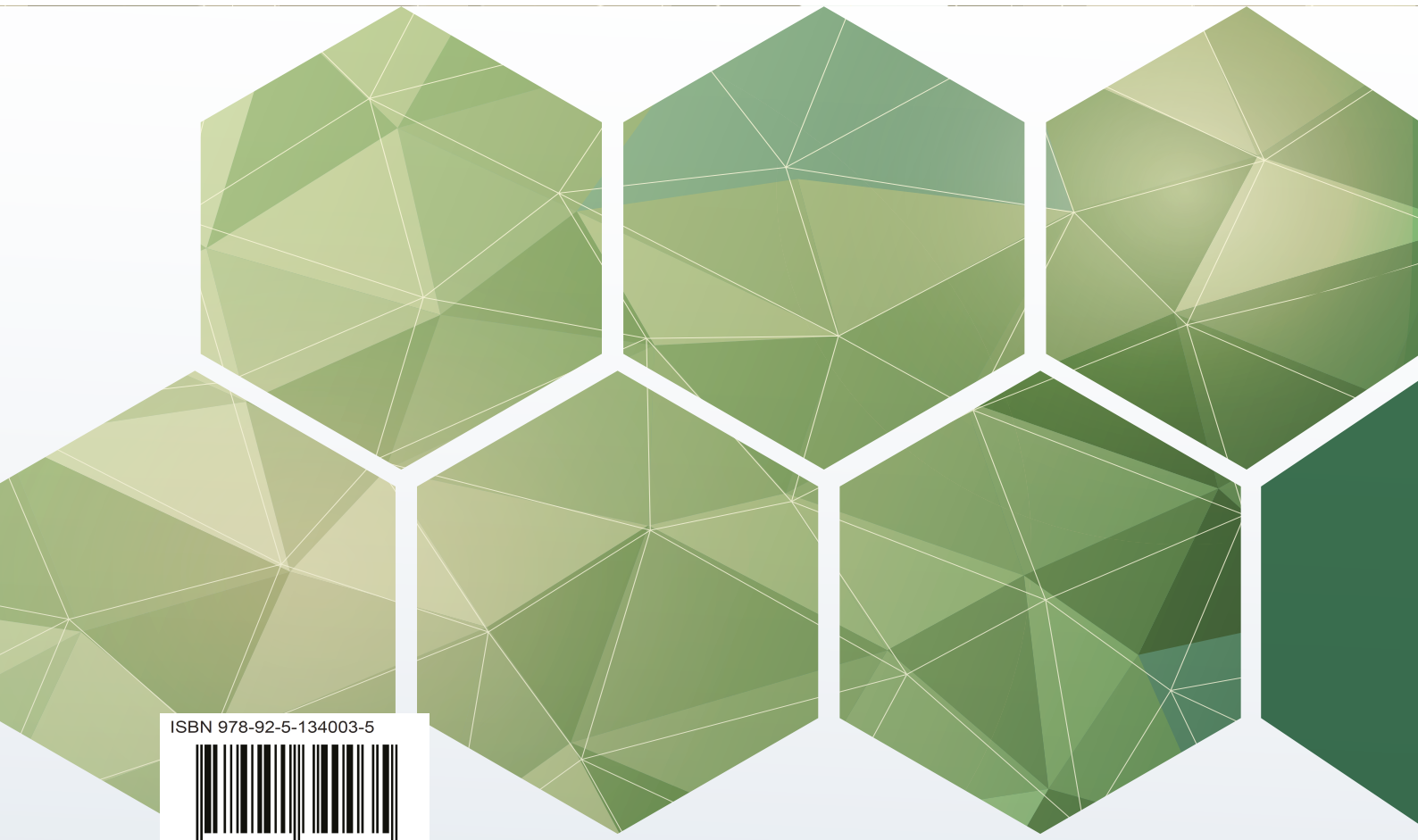
Zimmermann, H.G., Moran, V.C. & Hoffmann, J.H. 2009. Invasive cactus species (Cactaceae). In R. Muniappan, G.V.P. Reddy & A. Raman, eds *Biological control of tropical weeds using arthropods*, pp. 108–129. Cambridge University Press.أنواع الصبار الاجتياحية

Zoghlami, N., Chrita, I., Bouamama, B., Gargouri, M., Zemni, H., Ghorbel, A. & Mliki, A. 2007. Molecular based assessment of genetic diversity within Barbary fig (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) in Tunisia. *Sci. Hortic.*, 113: 134–141. تقييم على الأساس الجزيئي للتنوع الوراثي في (Opuntia ficus-indica (L.) Mill. داخل صبار تونس.

Zou D.M., Brewer, M., Garcia, F., Feugang, J.M., Wang, J., Zang, R., Liu, H. & Zou, C.P. 2005. Cactus pear – a natural product in cancer chemoprevention. *Nutr. J.*, 4: 25–29.الصبار منتج طبيعي في الوقاية الكيميائية من السرطان.

Zourgui, L., El Golli, E., Bouaziz, C., Bacha, H. & Hassen, . 2008. Cactus (*Opuntia ficus-indica*) cladodes prevent oxidative damage induced by the mycotoxin zearalenone in Balb/C mice. *Food Chem. Toxicol.*, 46: 1817–1824.. تمنع السيقان الورقية للصبار (Opuntia ficus-indica) التضرر التأكسدي المستحث بواسطة ميكوتوكسين زيرالينون في فئران من نوع Balb/C.

Zuñiga Tarango, R., Orona Castillo, I., Vázquez Vázquez, C., Murillo Amador, B., Salazar, E., López Martínez, J.D., García Hernández, J.L. & Rueda Puente, E. 2009. Desarrollo radical, rendimiento y concentración mineral en nopal *Opuntia ficus indica* L. Mill. en diferentes tratamientos de Fertilización. *J. Prof. Assoc. Cactus Dev.*, 11: 53–68.



ISBN 978-92-5-134003-5

I7628AR/1/09.21