



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO DI SCIENZE AGRARIE E FORESTALI
DOTTORATO DI RICERCA IN FRUTTICOLTURA MEDITERRANEA

ANALISI BIOMETRICA DI VARIETA' DI MORUS
ALBA AI FINI DELLA IDENTIFICAZIONE E CLASSI-
FICAZIONE

SSD AGR/03 – Arboricoltura Generale e Coltivazioni Arboree

TESI DEL
DOTT. FABIO MIRABELLA

COORDINATORE DEL DOTTORATO
CH.MA PROF.SSA
MARIA ANTONIETTA GERMANÀ

TUTOR
DOTT. RICCARDO LO BIANCO

DOTTORATO



INDICE

1.1	Introduzione.....	5
1.2	Il Gelso	8
1.2.1	Caratteristiche botaniche del gelso	8
1.2.2	Morfologia	9
1.2.3	Citologia	11
1.2.4	Ecologia	11
1.2.5	Attitudine frutticola della specie	13
1.2.6	Prodotti secondari e loro proprietà	14
1.2.7	Gestione colturale	18
1.2.8	Importanza economica, produttiva e ambientale del gelso bianco ..	24
1.2.9	Problematiche relative alla tassonomia del genere <i>Morus</i>	24
1.2.10	Progressi della genetica del gelso bianco	27
2.1	L'Ampelografia.....	29
2.2	Ricerche analoghe condotte su altre specie	38
3.1	Cultivar di gelso bianco presenti in Italia	41
3.2	Cultivar di gelso bianco oggetto di ricerca.....	43
4	Obiettivi della ricerca.....	46
5	Materiali e metodi.....	47
5.1	La fillometria	47
5.2	La carpometria.....	53
5.3	L'analisi statistica	55
6	Risultati.....	61
7	Discussioni	64
8	Conclusioni.....	66

La sera fiesolana

*Fresche le mie parole ne la sera
ti sien come il fruscio che fan le foglie
del **gelso** ne la man di chi le coglie
silenzioso e ancor s'attarda a l'opra lenta
su l'alta scala che s'annerà
contro il fusto che s'inargenta
con le sue rame spoglie
mentre la Luna è prossima a le soglie
cerule e par che innanzi a sé distenda un velo
ove il nostro sogno si giace
e par che la campagna già si senta
da lei sommersa nel notturno gelo
e da lei beva la sperata pace
senza vederla.*

G. D'Annunzio

1.1 Introduzione

Per gli storici c'è ancora una polemica circa l'origine ed il tempo della prima introduzione del gelso in Italia. Molti sono d'accordo che le due principali specie di gelso (*Morus alba* e *M. nigra*) provengono dall'Asia, la prima dalla Persia e la seconda dal lontano est. Sembra, comunque, che sia stato il gelso nero (*Morus nigra*) il primo ad essere adattato e coltivato per i suoi frutti, non solo a fini alimentari ma anche per scopi medicinali dai Greci e dai Romani (Bertelli Bargamaschi, 1994).

Il gelso bianco, originario della Cina, è stato introdotto in occidente assieme al baco da seta nel XII secolo. La grande importanza del gelso bianco derivava infatti dal fatto che questo era un alimento praticamente insostituibile per il filugello. In Italia fu introdotto sempre nel secolo XII dal re delle Due Sicilie Ruggero II.

Ora che l'allevamento del baco da seta in Italia è divenuto marginale anche il gelso è diventato una coltura sporadica e, in genere, si ritrovano ancora vecchi esemplari solo in prossimità dei casolari con funzione ombreggiante o per l'occasionale raccolta dei frutti.

Il gelso è stato molto apprezzato dall'uomo fin dall'antichità, ma paradossalmente è poco conosciuto. Rientra, infatti, tra quelle specie da frutto che hanno avuto scarsa diffusione e commercializzazione e per questo vengono identificati come "frutti minori". La crisi del settore agricolo oggi impone una maggiore differenziazione frutticola nei mercati e un'offerta più ampia in termini di prodotti di qualità al fine di ottenere un reddito

adeguato ai produttori. Ciò ha spinto la ricerca scientifica verso una migliore conoscenza di specie un tempo coltivate nei nostri ambienti.

Il gelso ne è un esempio. Il suo interesse crescente è giustificato dalla possibilità di sfruttare la sua duplice attitudine (produzione di frutti per l'alimentazione umana e di foglie per l'alimentazione animale) in maniera equilibrata e senza sfruttare eccessivamente l'albero a scapito dell'una o dell'altra produzione. La crescita rapida consente, infatti, la produzione di una biomassa vegetale particolarmente interessante per l'alimentazione zootecnica.

L'interesse per la coltivazione del gelso, soprattutto quello bianco, è dovuto anche alla crescente attività di ricerca nel settore della bachicoltura. Quest'ultima è sicuramente un'attività eco-compatibile infatti il gelseto non richiede trattamenti fitosanitari particolari, non prevede grossi investimenti fondiari e strutturali e richiede, rispetto ad altre attività agricole, poca manodopera, considerando che i residui dell'allevamento possono essere riutilizzati per fare compost e che non si utilizzano pesticidi l'attività gelsi-bachicola.

La pianta raggiunge grandi dimensioni (anche 20 m. di altezza) se lasciata sviluppare naturalmente; allorquando se ne doveva ricavare esclusivamente fogliame, veniva potata severamente a capitozza, per provocare l'emissione annuale di vigorose fronde.

La chioma è espansa e globosa, i rami grigi o grigio-giallastri, la corteccia del tronco profondamente solcata. Le foglie sono ovato-acute con

ambedue le pagine glabre irregolarmente dentate ai margini; hanno un breve picciolo scanalato. I fiori maschili sono riuniti in amenti brevi; quelli femminili in infiorescenze subglobose che danno origine ad un falso frutto (sorosio) detto anche mora di gelso. Nelle mora di gelso i sorosi sono costituiti da piccoli acheni circondati ciascuno da un perianzio divenuto carnoso.

Tali more hanno un lunghezza di 3-4 cm. E colore variabile dal bianco al giallastro al viola; a maturazione cadono trattenendo il peduncolo. Sono piuttosto molli e poco sopportano il trasporto; il sapore è dolciastro, privo di acidità, un po' stucchevole. I frutti possono essere consumati freschi, ottimi sono i succhi e gli sciroppi.

Tra le leggende che si narrano sul gelso, sicuramente, la più delicata e nello stesso tempo tragica è quella che Ovidio racconta nelle "Metamorfosi". Piramo e Tisbe erano due giovani babilonesi che si amavano contro il volere delle loro famiglie. Per questo erano costretti a parlarsi attraverso una fessura dell'alto muro che divideva le loro case. Resosi conto che i genitori di entrambi non avrebbero mai acconsentito al loro matrimonio, decisero di fuggire dandosi appuntamento nei pressi di un gelso. Nel luogo d'incontro giunse prima Tisbe, che spaventata da una leonessa con le zanne ancora sporche di sangue per avere appena azzannato una preda, fuggì perdendo il velo che le copriva la testa. Piramo, giunto poco dopo, nel vedere la leonessa strappare il velo di Tisbe, pensò che l'amata fosse stata sbranata dalla belva e folle di dolore si ferì a morte

con la sua spada. Quando Tisbe, calmata la paura, tornò sui suoi passi e vide il suo amato ormai morente per le ferite che si era procurato, non resistendo al dolore, anche lei si uccise. Da quel giorno il gelso dai nivei frutti, sotto il quale gli innamorati si erano dati appuntamento, produsse solo gelsi rossi, per ricordare il sacrificio dei due giovani. Curiosità: non pochi critici accusano William Shakespeare di aver copiato la sua tragedia "Romeo e Giulietta" dalla triste vicenda sopra descritta.

1.2 Il Gelso

1.2.1 Caratteristiche botaniche del gelso

Il gelso appartiene alla classe delle Angiosperme, all'ordine delle Urticales, famiglia delle Moraceae, genere *Morus*. La popolata famiglia delle Moracee raccoglie più di settanta generi e oltre mille specie.

Difficile appare l'inquadramento circa il numero di specie che comporrebbero questo genere, secondo alcuni oltre 60, secondo altri poco più di dieci specie. La causa è dovuta alla facilità con cui si ibridano le diverse specie.

Le specie più note sono *Morus nigra* (gelso nero), *Morus rubra* e *Morus alba* (gelso bianco). Il primo proviene dal vicino e medio oriente (Iran, Turchia, Siria, Arabia e Sud-est della Russia), comprende 55 generi con 1500 specie: si tratta di solito di alberi diffusi nelle regioni tropicali e subtropicali, provvisti di lattice, con fiori unisessuali poco appariscenti riuniti in infiorescenze compatte. Il frutto è una noce monosperma di forma ovale, circondata da un involucri di colore variabile dal porporino al viola scuro.

L'infruttescenza è lunga 2-2,5 cm, di aspetto simile al lampone. Fiorisce in maggio/giugno e l'epoca di maturazione è agosto. Fra essi si annoverano numerose piante ornamentali e di interesse economico. In Europa venne introdotto verso la metà del XVI secolo.

1.2.2 Morfologia

Il gelso nero (*Morus nigra*) è caratterizzato da foglie piuttosto rigide, cuoriformi alla base, ruvide nella pagina superiore e pelose nella pagina inferiore. I frutti sono più o meno sessili, di colore nero violaceo e di sapore gradevole. L'albero è a foglie caduche, alto dai 15 ai 20 metri, con corteccia solcata di colore bruno-grigiastro. Cresce più lentamente del gelso bianco e ha una chioma di forma globoso-espansa.

Il gelso bianco presenta foglie tenere, obliquamente cuoriformi alla base, intere o lobate specie nei polloni, glabre nella pagina superiore e pubescenti in quella inferiore, con margini dentati in base alla cultivar.

L'albero di gelso bianco cresce velocemente e raggiunge grandi dimensioni (fino a 20 metri di altezza circa), se lasciato sviluppare naturalmente.

Il gelso è una specie monoica e dioica, con infiorescenze maschili e femminili ad amento e periodo di fioritura compreso tra aprile e maggio. I fiori maschili sono riuniti in amenti cilindrici e sono portati da un peduncolo allungato, hanno 4 stami. I fiori femminili sono riuniti in amenti sub-globosi che danno origine ad un falso frutto chiamato "sorosio o mora del gelso", questo non è altro che l'aggregazione di numerose piccole drupe

dall'esocarpo sottile, mesocarpo carnoso e succulento, endocarpo crostoso (Calabrese, 1993).

La fioritura avviene tra aprile maggio, poco dopo il germoglio, e l'impollinazione è anemofila. Le more del gelso bianco hanno sapore dolciastro privo di acidità o insapori; il colore varia dal bianco al rosso carico tendente al nero, la consistenza è delicata.

L'entrata in fruttificazione è abbastanza precoce se la pianta non deriva da seme; già dal terzo anno si può raccogliere qualche mora. Le prime more maturano a fine giugno e a tutto luglio costringendo ad una raccolta scalare. A maturazione completa le more si distaccano con il peduncolo.

I frutti vengono consumati allo stato fresco subito dopo la raccolta dato che sono facilmente deperibili a causa della loro delicatezza e del loro irrancidimento.

Il gelso si adatta a svariati tipi di terreno poiché presenta un apparato radicale molto espanso. Le radici sono robuste, profonde e di colore giallo aranciato. Il tronco è eretto e irregolarmente ramificato, raggiunge negli individui adulti un diametro di circa 70 cm; è rivestito da una corteccia bruno grigiastra, screpolata, reticolata a piccole scaglie. I ramoscelli sono grigio verdi, lisci con lunghi internodi; le gemme sono relativamente piccole, larghe alla base ed appuntite all'apice; ognuna di esse è costituita da 13 a 24 perule e nel fusticino da 5 a 12 foglioline.

Le foglie sono caduche, alterne, ampie, di colore verde lucente non molto scuro; la lunghezza varia dai 7 ai 14 centimetri e la larghezza è compresa tra i 4 e i 6 centimetri; le lamine sono molto variabili: sono cordato ovali, spesso lobate, lisce nella parte superiore, tormentose lungo le tre principali nervature della pagina inferiore; il margine è irregolarmente seghettato. Il picciolo, lungo due tre centimetri presenta scalmanature e stipole caduche. Le foglie sono spesso diverse per forma e grandezza sulla stessa pianta e anche sullo stesso ramo.

Le branche presentano una corteccia solcata, di colore grigio tendente al giallastro. La chioma assume forma globosa espansa.

L'età media è di circa 100 anni ma esistono certamente individui plurisecolari.

1.2.3 Citologia

Citologicamente il gelso presenta diversi livelli di ploidia. La maggior parte delle specie di coltivazione sono diploidi ($2x$, $2n = 28$). Ma sono inoltre riscontrabili in natura specie triploidi ($3x$, $3n = 42$; *M. bombycis*), tetraploidi ($4x$, $4n = 56$; *Morus laevigata*, *Morus cathayana* e *Morus boninensis*), esaploidi ($6x$, $6n = 84$; *Morus serrata* e *Morus tiliaefolia*), ottoploidi ($8x$, $8n = 112$; *M. cathayana*), e docosaploidi ($22x$, $22n = 308$; *M. nigra*) (Basavaiah et al 1989) e anche aploidi (*M. notabilis*) con 14 cromosomi.

1.2.4 Ecologia

Il gelso è una pianta arborea dotata di notevole rusticità che ben si adatta a condizioni pedoclimatiche assai varie. L'areale di diffusione

riguarda le zone temperate e tropicali ed in particolare il gelso è diffuso in tutto il bacino del Mediterraneo. In considerazione della sua grande adattabilità pedoclimatica la coltura vegeta in un'ampia zona geografica denominata cintura serica mondiale compresa tra il 50° parallelo N ed il 35° parallelo S.

La sua resistenza ai freddi è legata alla cultivar anche se in generale si adatta bene alle basse temperature vista la sua ripresa vegetativa tardiva in primavera. Gli alberi di gelso si avvantaggiano di elevate intensità luminose, di uno spazio libero adeguato al loro sviluppo e si adattano bene a terreni marginali, calcarei o silicei, mentre temono i terreni eccessivamente salini. Ottimo sviluppo vegetativo ed abbondanti produzioni di foglie vengono ottenuti in climi temperati e terreni freschi, con profondo franco di coltivazione, non soggetti a ristagno idrico (Cappelozza L, 1988).

Sono da evitare le coltivazioni in terreni eccessivamente tenaci, ghiaiosi o pietrosi, salmastri, quelli che non consentono un facile drenaggio delle acque e quelli a PH che si discosta troppo dai valori medi.

La specie è stata fin dai tempi più lontani legato alla produzione della seta a cui deve la sua diffusione.

Esistono anche varietà selezionate esclusivamente per la qualità dei frutti diffuse soprattutto negli Usa (New American).

1.2.5 Attitudine frutticola della specie

La diffusione del gelso in molte aree della terra ne fa una specie cosmopolita. La sua presenza in molti paesi è dovuta principalmente all'antica attività legata alla produzione della seta. La produzione dei frutti è stata sempre considerata secondaria o nulla in molti casi per cui la ricerca in questo settore non ha avuto grossi investimenti in fatto di tempo e di progetti finalizzati al miglioramento delle produzioni in termini quantitativi e qualitativi. La diffusione è sempre stata condizionata da problemi legati alla qualità organolettica, alla resistenza alla manipolazione e al trasporto, alla conservazione e alla scalarità di maturazione.

La raccolta delle more di gelso, in genere tra la seconda metà di maggio e la prima di luglio, è lunga e difficoltosa a causa delle piccole dimensioni dei frutti, della scalarità di maturazione, della vegetazione intensa e della delicatezza dei frutti.

La produzione del gelso è differente e dipende da diversi fattori: clima, fertilità del terreno, tipo di coltura e sua cura, età delle piante.

La produzione media unitaria è di 2-2,5 kg nelle piante giovani; 4-5 kg nelle piante in piena produzione; di 5-10 kg per le piante di una cinquantina di anni e può arrivare a 40 e a 60 kg per individui più vecchi.

I frutti possono essere conservati in vaschette, al fresco, ricoperte con film plastico per circa quattro giorni.

La diffusione nei nostri ambienti è legata a raccolte locali e vendita nei mercati vicini i luoghi di raccolta. Non esistono gelseti specializzati nella produzione e diffusione dei frutti.

1.2.6 Prodotti secondari e loro proprietà

E' già stato ribadito più volte che il gelso è una specie con notevoli capacità di adattamento anche in ambienti non molto ospitali per le colture ordinarie.

Nelle zone collinari il gelseto potrebbe rappresentare un valido aiuto alle soluzioni dei problemi legati al fenomeno erosivo. Naturalmente la densità d'impianto maggiore o minore sarebbe legata alla pendenza del territorio da salvaguardare contribuendo positivamente ai fenomeni di dissesto idrogeologico.

Altra utilizzazione secondaria del gelseto è il legno che se ne ricaverebbe a fine carriera. Il legno pregiato, un tempo usato per la costruzione di barche, oggi potrebbe essere usato per la produzione di biomassa ad uso energetico.

Sono in studio alcune sostanze, chiamate Flavonoidi (Morosina), ritrovate tra i componenti chimici della radice di gelso bianco. Sembrano avere azione analgesica.

La decozione delle foglie fresche di gelso ha azione antibatterica e capacità ipoglicemizzante.

A scopo medicinale si usano le foglie (maggio-giugno), i frutti e, in alcuni casi, anche la corteccia della radice.

Secondo la moderna fitoterapia le foglie dei gelsi, in infusione, sono efficacissime contro il diabete. Dai frutti si ricava uno sciroppo ad azione leggermente astringente (sciroppo di more) usato in farmacia che è anche un ottimo collutorio in caso di mal di denti e di gengive infiammate. Gli stessi gargarismi si possono fare anche con l'infuso di foglie. Il decotto ottenuto dalla corteccia ha effetti purgativi, ma è indicato anche nei casi di insufficienza renale e nella cura del diabete.

Si ritrovano documentazioni che descrivono gli usi medicinali dei frutti di gelso in Plinio, il quale narra che presso i Romani i frutti acerbi del gelso nero, portati addosso, arrestavano le emorragie, mentre quelli maturi uniti a miele, agresto secco, mirra e zafferano, davano un medicamento che veniva consigliato per combattere il mal di gola e disturbi di stomaco. In altri trattati storici si trovano notizie relative alle proprietà curative di tale specie. Si trovano notizie delle proprietà medicamentose del gelso anche nella medicina tradizionale cinese, dove viene considerato epatoprotettore, rinforzante delle cartilagini, diuretico e normalizzatore della pressione sanguigna (Zhang, 2008). Altre fonti riportano invece usi legati alla riduzione dello stress e alla prevenzione del diabete mellito; anche la corteccia delle radici viene usata, come antinfiammatorio, diuretico, antitussivo e antipiretico (Isabelle et al, 2008). Cercando tra antichi ricettari di altre nazioni, si trovano ancora preparazioni interessanti: il vino inglese di

gelso, uno sciroppo citato nel Calendario di Cordova del 961 da Rabi ibn Zaid al-Usquf, o ancora l'acidulato di more nere, una specialità turca realizzata con frutti acerbi e usata per condire le insalate.

Oltre ad un utilizzo in ambito culinario come frutto i frutti di gelso possiedono anche un'antica tradizione di impiego erboristico. Nella medicina tradizionale di differenti paesi si trovano indicazioni per l'impiego dei frutti o di preparati ottenuti da frutti o tisane o decotti delle foglie. Oggi le analisi chimiche, fitochimiche e nutrizionali eseguite da gruppi di ricerca permettono di avere un quadro della composizione di tali frutti che può fungere come un primo strumento per tentare di determinare se alcuni dei componenti fitochimici dei gelsi possano essere utilizzati in terapia. In primo luogo bisogna considerare le proprietà antiossidanti delle foglie e dei frutti del gelso, legate sia al modesto contenuto in vitamine (specialmente la C) che al loro alto contenuto in composti polifenolici come antocianine e flavonoidi. Questa peculiarità è stata trovata solo in questo tipo di more, e non è molto comune neanche negli altri tipi di frutti (Ozgen et al., 2009). In aggiunta, i frutti si sono dimostrati anche una buona fonte di tocoferoli e carotenoidi (altre molecole dotate di attività antiossidante). Diversi studi indicano che le antocianine contenute abbiano effetti benefici sulla salute, riducendo il rischio di disturbi cardiovascolari, infarto, e sembrano agire come preventivi di alcuni tipi di cancro e problemi legati all'invecchiamento. Grande importanza inoltre hanno le antocianine come capillaro-protettori, esplicando un'azione di protezione sull'endotelio vascolare. Tutti questi

composti bioattivi agiscono sinergicamente sull'organismo per migliorare le condizioni di salute e per ridurre quindi il rischio di malattie cronico-degenerative. L'alto contenuto in antociani rende questi frutti interessanti anche come alternativa al mirtillo per le proprietà flebotoniche e di miglioramento della circolazione. Un'altra attività importante da prendere in considerazione è quella ipoglicemizzante delle foglie, per la quale non sono ancora stati individuati i componenti ritenuti responsabili. In particolare, emerge che l'abbassamento della glicemia a digiuno non raggiungerebbe valori superiori al 20%, mentre più netta sarebbe l'azione in caso di iperglicemia (Benigni et al., 1962).

Gli estratti ricavati dai vari componenti possono essere quindi indicati come supplemento nella terapia di pazienti diabetici: forma e posologia devono però essere stabilite in base al tipo di diabete, ai farmaci che si stanno assumendo, alla dieta e alla presenza di eventuali complicazioni nella patologia (Fiorenzuoli, 1998). Generalmente la modalità di assunzione preferita è la tisana, con altre droghe che possono aumentarne o modularne l'azione.

Il gelso contiene anche acido folico e folinico, componenti essenziali per l'ematopoiesi, per cui non ha torto viene considerato anche un antianemico.

L'assunzione delle more può quindi avvenire come tale, oppure trasformate sotto forma di marmellate e sciroppi. Quest'ultimi hanno una lunga tradizione popolare, essendo rinfrescanti ed espettoranti; per uso

esterno vengono usate per la preparazione di uno sciroppo astringente per gargarismi nel mal di gola (Pomini, 1990). Oltre a rappresentare quindi una comoda via di assunzione dei frutti, sono anche un ottimo mezzo di conservazione degli stessi, in quanto l'alto tenore zuccherino conserva intatti buona parte dei principi attivi nutrizionali di partenza. Questo permette anche l'esportazione del prodotto, perché il periodo di conservazione è nettamente superiore rispetto al frutto fresco.

La presenza di varietà con frutti di color rosso potrebbe essere sfruttata per l'estrazione di sostanze coloranti naturali da usare in ambito alimentare.

1.2.7 Gestione colturale

La potatura racchiude tutta una serie di interventi che l'uomo esegue sulla parte aerea delle piante modificandola e rendendola adatta alla sue necessità di massimo rendimento economico. Agire sulla normale crescita di una pianta con l'attività cesoria delle potature significa agire sui processi fisiologici indirizzando i soggetti potati verso risposte quanto più possibile positive in termini di produzione e qualità dei frutti. In realtà è giusto differenziare le operazioni di potatura secondo gli obiettivi che si vogliono raggiungere e secondo i periodi in cui vengono effettuate.

La potatura di allevamento comprende tutte le operazioni cesorie effettuate sulle piante nei primi stadi giovanili; la potatura di trapianto viene effettuata quando la giovane pianta, proveniente dal vivaio, viene preparata alla definitiva piantagione; la potatura di formazione viene effettuata con

operazioni che mirano a dare all'albero la conformazione per la massimizzazione del rendimento economico; la potatura di produzione ha lo scopo di mantenere costante la conformazione prescelta per la coltivazione (Fideghelli, 1992).

Queste operazioni abituali possono essere integrate da attività straordinarie che mirano a eliminare parti della chioma attaccate da malattie (potature di risanamento) o a cambiare radicalmente forma all'albero (potatura di trasformazione).

Per alberi a foglia caduca si può eseguire la classica potatura invernale o "secca", eseguita sugli alberi in riposo e la potatura verde eseguita durante il periodo primaverile-estivo.

Le operazioni di potatura devono necessariamente essere effettuate se si conoscono le modalità di crescita e di fruttificazione degli alberi su cui si eseguono tali modifiche. Le attività cesorie agiscono infatti sulla crescita di organi a seguito di modificazioni indotte sull'attività vegetativa.

Le basi fisiologiche della potatura si basano sul fatto che le diverse zone della chioma di un albero si accrescono in competizione tra loro, pur appartenendo alla stessa pianta madre, producendo frutti in base alla capacità di sfruttare al meglio i metaboliti elaborati. Tale capacità è legata alla disponibilità di energia, alla posizione degli organi elaboranti e di riserva, alla facilità di trasporto delle sostanze. Germogli, rami e branche cresciuti all'esterno della chioma soprattutto se in alto e in posizione

verticale hanno uno sviluppo più rapido di altri ubicati in zone più basse dell'albero (Baldoni et al., 1992).

Nonostante l'esistenza di questa competizione ogni parte della chioma dà il suo contributo allo sviluppo dell'intero individuo. Tutte le foglie infatti producono metaboliti che servono all'accrescimento delle radici le quali a loro volta assicurano l'apporto di acqua e di sostanze nutritive alla chioma. Si crea in questa maniera un rapporto costante tra le dimensioni della chioma e delle radici. Se le condizioni pedoclimatiche e di coltura variano l'albero muta i suoi equilibri allo scopo di mantenere costante il rapporto chioma radici.

La potatura consente inoltre alle foglie di diminuire l'ombreggiamento della massa fogliare o di quello di una pianta contigua e quindi di ottimizzare la disponibilità di energia fotosinteticamente attiva la cui esiguità condizionerebbe negativamente i processi riproduttivi e vegetativi con riflessi scadenti sulla qualità del prodotto.

Altra considerazione importante di natura fisiologica nell'ambito della potatura, è che esiste una sorta di competizione tra l'attività riproduttiva e l'attività vegetativa per cui limitando la prima si favorisce la seconda e viceversa.

Altra risposta fisiologica da tenere in considerazione nell'ambito delle operazioni di potatura è che la modifica della posizione dell'asse vegetativo nello spazio modifica il rapporto tra attività vegetativa e attività riproduttiva;

infatti più si allontana dall'inclinazione verticale più aumenta la potenzialità riproduttiva.

La pianta di gelso bianco si adatta bene a qualsiasi tipo di terreno, sia in pianura che in collina. La preparazione di pre-impianto prevede una lavorazione da effettuare con attrezzi discissori per una profondità tra i 40 e 60 cm e un livellamento superficiale successivo.

Importante è anche prevedere una concimazione di fondo con circa 300 q.li/ha di letame maturo o con un concime minerale o organominerale a base di azoto, fosforo e potassio.

L'impianto può essere effettuato con astoni di un anno o con talee autoradicate che però possono dare un maggior numero di fallanze. Per una buona riuscita dell'impianto bisogna mettere a dimora piantine che siano esenti da patologie e che abbiano un apparato radicale ben sviluppato.

L'epoca di impianto deve essere fatta nel periodo autunnale per le zone collinari dopo la caduta delle foglie. Nelle zone più pianeggianti con possibilità di irrigare la primavera è più indicata. Prima della messa a dimora delle giovani piantine il taglio delle radici e la disinfezione con soluzioni acquose di solfato di rame sono pratiche consigliate per una buona riuscita dell'impianto.

Per quanto riguarda i sesti di impianto in terreni di media fertilità si possono utilizzare distanze di 2,5-3 metri tra le file e 1 metro sulla fila così

da avere un investimento di 3500-4000 piante/ha; in terreni particolarmente fertili si può arrivare anche a investimenti di 10.000 piante/ha con sesti in quadro 1m x 1m (prato gelso). Naturalmente la possibilità di sfruttare il gelso per più attitudini condiziona la scelta del sesto definitivo. La produzione di frutta imporrebbe un sesto di impianto più largo.

Le lavorazioni del terreno devono essere fatte periodicamente per eliminare le erbe infestanti soprattutto nei primi periodi dell'impianto.

La concimazione deve essere effettuata prima del risveglio vegetativo con una concimazione equilibrata (1:1:1) ed una eventuale con apporto di azoto se le foglie presentano un ingiallimento e un rallentamento nella crescita delle branche.

Il gelso non soffre di particolari patologie ma talvolta la loro presenza può compromettere la produzione di foglia e la vita stessa della pianta.

Si rinvencono attacchi di una cocciniglia (*Diaspis pentagona*) un Emittente chiamato anche "cocciniglia bianca del gelso" le cui colonie in caso di forte infestazione ricoprono le parti legnose della pianta da cui con il loro apparato succhiante sottraggono linfa facendo deperire la coltura. Facilmente controllabile con olio bianco prima del risveglio vegetativo quando non controllata facilmente dal suo nemico naturale *Prospaltella berlesei* How.

Altro insetto dannoso è l'Hyphantria cunea, un lepidottero la cui larva può defogliare l'albero senza poter essere protetto da trattamenti chimici che sarebbero dannosi anche per il baco da seta.

Il parassita più temibile è comunque la Fersa del gelso provocata da un fungo Sphaerella mori Fuck che colpisce le foglie sulle quali compaiono macchie irregolari sparse bruno-rossastro. Le foglie diventano poi gialle e cadono precocemente. Le foglie colpite da questa crittogama non sono generalmente appetite dal baco.

La presenza del fungo è controllabile con prodotti a base di rame.

Altro fungo che si può insediare su colture dove c'è un certo ristagno idrico è la Rossellinia che provoca il marciume radicale i cui sintomi sono l'ingiallimento e la caduta precoce delle foglie, il disseccamento progressivo dei rami giovani e poi di quelli vecchi e la presenza di un abbondante micelio bianco nelle radici.

Il gelso rappresenta per il momento l'unica fonte alimentare del baco. Attualmente però la disponibilità di piante per gli allevamenti si è notevolmente ridotta a causa del continuo espianto messo in pratica da chi ha abbandonato l'allevamento, per cui si rende necessario in molti casi il ricorso alla creazione di gelseti specializzati.

Al fine di razionalizzare il ciclo produttivo e ridurre l'impiego di manodopera sono state abbandonate le vecchie forme di allevamento ad

alto fusto consociate con altre colture, favorendo la ceppaia bassa con piante impalcate ad una altezza di 100-120cm.

1.2.8 Importanza economica, produttiva e ambientale del gelso bianco

Oggi nell'ambito del recupero della tipicità dei prodotti esiste un crescente interesse per le antiche cultivar con pregevoli caratteristiche organolettiche dei frutti. Il gelso bianco rientra tra quelle colture da recuperare sia per la produzione dei frutti, la gelsi bachicoltura, l'allevamento dei ruminanti che per migliorare la qualità delle produzioni (latte, carni, ecc.). Il gelso è una coltura ecocompatibile e versatile che coinvolge diversi processi produttivi che, se bene organizzati, possono avere delle ricadute positive sull'economia e sull'ambiente. Infatti, ha notevole importanza paesaggistica, antierosiva, recupero di aree marginali, forestazione e conservazione dell'ambiente.

1.2.9 Problematiche relative alla tassonomia del genere *Morus*

Il panorama varietale per molto tempo ha sofferto di un certo disordine per cui spesso molte specie si sono considerate entità subspecifiche delle due specie più diffuse ovvero del gelso bianco e nero.

Diversi studi sono stati effettuati sulla caratterizzazione varietale delle differenti cultivar di gelso bianco basati su differenze morfologiche delle foglie (Cappelozza et al. 1995; Cappelozza, 1996).

La tassonomia del genere *Morus* è sempre stata molto confusa a causa della facilità con la quale le specie si incrociano tra loro. Alcuni tassonomisti hanno basato la classificazione su differenze di portamento,

morfologia fogliare, lunghezza dello stilo nei fiori femminili, colore del frutto. Si stanno anche sviluppando tecniche di biologia molecolare per l'identificazione varietale basate sull'uso di marcatori molecolari (RAPD, AFLP, DAMD).

A tal riguardo si riporta uno studio sulla "determinazione di cultivar di *Morus alba* L. mediante PCR e RAPD" (Sinacori et al., 2006). Per la caratterizzazione varietale del gelso bianco sono state applicate le tecniche RAPD (Random Primer DNA) e ISSR (Inter-Simple Sequence Repeats). La tecnica RAPD fa uso di un solo primer specifico che si attacca nei punti di maggiore omologia di sequenza nel DNA cromosomale. La tecnica ISSR rappresenta lo studio di sequenze definite intersperse (microsatelliti) lungo il genoma e variamente distribuite tra le specie. In tal modo si ottiene un profilo di amplificazione che pur essendo random, è caratteristico per le specie e le cultivar in oggetto.

Tale studio costituisce un tentativo di caratterizzazione delle cultivar attraverso la definizione dei fingerprinting molecolari. In tal senso RAPD e ISSR diventano strumenti d'indagine preziosi per la stima della diversità genetica e delle relazioni filogenetiche tra le cultivar adattate e presenti in varia misura nel territorio. La variabilità analizzata mediante RAPD e ISSR probabilmente è dovuta al fatto che la PCR amplifica regioni ripetitive distribuite in modo caratteristico nel genoma di cultivar diverse. Esiste la possibilità non remota che alcune bande comigrano nel gel di elettroforesi in quanto hanno lo stesso peso molecolare. Non si ottengono indicazioni

invece riguardo lo stato di ploidia delle piante. Le informazioni ottenute in questo lavoro pilota possono avere un uso pratico per il mappaggio del genoma di tutte le specie. I dati indicano che la variabilità è bassa e che almeno tra i gruppi studiati non esistono grandi distanze filogenetiche. Le bande di amplificazione specie specifiche, possono quindi servire alla caratterizzazione delle cultivar del gelso bianco, in quanto essendo a basso numero di copie e rappresentate solo in alcuni genotipi, possono servire alla descrizione dei raggruppamenti di germoplasma. Ulteriori marcatori di RAPD e ISSR possono essere impiegati in aggiunta a quelli già proposti, per una più attenta caratterizzazione basata su un maggior numero di polimorfismi in modo da garantire l'assoluta specificità delle cultivar.

In sostanza tramite tale studio gli autori hanno caratterizzato i siti polimorfici del DNA di alcune cultivar di gelso bianco per definire dei quadri di fingerprinting molecolare. Per lo studio del DNA sono stati applicati protocolli d'estrazione da foglie e di amplificazione genica mediante PCR. Per lo studio dei polimorfismi del DNA cromosomale sono state applicate le tecniche RAPD e ISSR. Si è ottenuto così un profilo d' amplificazione caratteristico delle biovar in oggetto.

Tali tecniche di biologia molecolare danno certamente dei risultati soddisfacenti ma non risultano economiche e di agevole applicazione.

1.2.10 Progressi della genetica del gelso bianco

La redditività della sericoltura è direttamente correlata con la produzione di foglie di alta qualità. Tuttavia stress biotici e abiotici rappresentano una seria minaccia per la produttività del gelso.

Per sviluppare piante tolleranti agli stress con le caratteristiche desiderate è essenziale l'utilizzo delle risorse biotecnologiche. Valutazioni esaustive di variazioni genotipiche hanno suggerito nuove prospettive per un uso efficiente delle risorse genetiche relative al gelso. Marcatori genetici sono stati impiegati nel gelso per studiare la sua variabilità genotipica. Tuttavia, solo progressi limitati sono stati compiuti nello sviluppo di mappe linkage nel gelso, e quindi, sono necessari sforzi per lo sviluppo di strumenti genomici nel gelso che possono fornire preziose informazioni di base per la genomica funzionale accelerando la creazione di varietà migliorate. La biotecnologia ha potenziato la ricerca e favorito un'ondata di nuove idee per il miglioramento del gelso.

Studi su colture tissutali sono stati standardizzati e sfruttati per la raccolta piante transgeniche stabili per diversi caratteri.

Le risorse genomiche del *Morus* hanno fornito numerosi nuovi geni e hanno alimentato tentativi per lo sviluppo di piante stress-tolleranti e resistenti alle malattie con l'ausilio dell'ingegneria genetica. Gli sforzi pionieristici a decifrare il genoma del cloroplasto hanno portato importanti intuizioni e aperto la strada per studi rivoluzionari nel gelso. La

caratterizzazione genetica di varietà promettenti è importante per il loro utilizzo nella sericoltura (Khurana, 2011).

Essendo una pianta perenne altamente eterozigote, nel gelso non è facile applicare i metodi convenzionali di miglioramento vegetale. Non è possibile produrre linee omozigoti di gelso tramite inbreeding a causa della sua natura dioica e a causa del fatto che le linee maschili e femminili sono geneticamente diverse. Di conseguenza, dal momento che la produzione di piante aploidi è il più veloce e l'unico metodo semplice per la produzione di linee omozigoti in gelso, sono stati effettuati studi riguardanti l'ontogenesi di piante ginogenetiche derivanti da colture di ovari non impollinati (Thomas, 2004). Nel gelso sono stati effettuati alcuni tentativi di produrre piante aploidi attraverso la coltura di antere (Shoukang et al., 1987; Sethi et al., 1992; Katagiri e Modala, 1993; Tewari et al., 1994; Jain et al., 1996) ma senza grandi risultati. La modalità di sviluppo della ginogenesi del gelso avviene tramite embriogenesi diretta (Thomas, 2004). Un analogo meccanismo di rigenerazione è riportato in *Allium cepa* (Keller e Korzun, 1996) e *Melandrium album* (MOL, 1992). Numerose ricerche sulla genetica del genere *Morus* e del gelso bianco nello specifico sono state effettuate negli ultimi anni (Ahmad et al., 2010; Anis et al., 2002; Burgess et al., 2005; Chattopadhyay et al., 2011; Nepal, 2008; Srivastava et al., 2003).

2.1 L'Ampelografia

L'ampelografia (dal greco ἄμπελος (ampelos)= vite + γραφία (grafia)= descrizione) è la disciplina che studia, identifica e classifica le varietà dei vitigni attraverso schede che descrivono le caratteristiche dei vari organi della pianta nel corso delle diverse fasi di crescita. La terminologia e le modalità di impiego sono stabilite a livello internazionale. La tecnica ampelografica descrittiva è affiancata dalle tecniche morfometriche e ampelometriche atte a misurare gli organi vegetali. Le misure trovate vengono convertite in indici biometrici.

L'esistenza di una molteplicità di vitigni deriva dal fenomeno della variabilità genetica, il meccanismo per cui da ogni incrocio nascono organismi leggermente differenti da entrambi i genitori, di cui ricombinano variamente i caratteri. Oltre che dalla variabilità all'incrocio nuovi vitigni possono derivare da mutazioni gemmarie, che si realizzano, cioè, indipendentemente da un processo di accoppiamento di elementi riproduttivi maschili e femminili. Comunque ottenuto, un nuovo vitigno, come qualunque nuova pianta da frutto, deve essere propagato per via "agamica", cioè mediante innesto, siccome sottoponendolo a un regolare processo riproduttivo (unione di polline e ovario) i caratteri ritenuti pregevoli si ricombinerebbero, e sarebbero perduti.

L'uomo apprese assai precocemente a moltiplicare per innesto le piante da frutto che presentavano caratteri gradevoli, quindi anche le viti. Nel maggiore trattato agronomico latino Lucio Giunio Moderato Columella

distingue con chiarezza vitigni di alta produttività e vitigni di produttività modesta, ma dal grande valore gustativo, ed elenca circa quaranta vitigni di cui identifica con precisione i principali caratteri ampelografici: forma delle foglie e dei grappoli, soggezione alle avversità, produttività, valore del vino che se ne ricava. Nel Cinquecento illustra le peculiarità di una serie di vitigni Agostino Gallo, l'autore che dimostra il disorientamento dei cantinieri italiani di fronte al nuovo gusto del vino, il gusto moderno, dei signori francesi che hanno conquistato il Ducato di Milano, entusiasti del paese conquistato tranne che dei suoi vini, per il gusto francese imbevibili. Nel Settecento propone il primo catalogo illustrato di una ricca serie di vitigni il monumentale dizionario agrario dell'Abate Rozier, l'opera che alla voce Vin, redatta da Antoine Chaptal, propone le fondamenta della scienza enologica moderna. La grande stagione della pedologia corrisponde, peraltro, alla peggiore delle catastrofi che investano la viticoltura del Vecchio Continente tra la metà dell'Ottocento e l'inizio del secolo successivo. È l'invasione della fillossera, l'insetto radicoloso importato dal Nuovo Mondo, infatti, che, minacciando la distruzione di tutti i vigneti europei, costringe a ricercare i vitigni americani, o gli ibridi tra vitigni americani e vitigni europei da usare come portinnesti, siccome immuni al parassita, per innestarvi i migliori vitigni della tradizione europea.

La ricerca di vitigni ibridi adeguati ai terreni delle diverse regioni della viticoltura europea, che siano adatti agli specifici vitigni di quella regione, di cui favoriscano lo sviluppo senza alternarne i pregi organolettici, impone

un immenso lavoro ampelografico, che vede protagonisti i grandi ampelografi francesi, in primo luogo Pierre Viala, autore della più monumentale opera ampelografica della storia degli studi agronomici, l'*Ampélographie*, pubblicata grazie al supporto di Victor Vermorel, in 7 volumi, editi tra il 1901 e il 1910. Sempre in Italia, occorre anche ricordare la *Pomona Italiana* di Giorgio Gallesio, pubblicata tra il 1817 e il 1839, che contiene una sezione dedicata alla uve.

In Italia guida validamente l'opera di selezione il maggiore ampelografo del Paese, Domizio Cavazza. Tra le importanti iniziative per aumentare la conoscenza della viticoltura italiana, va ricordata la Mostra Ampelografica che si tenne a Forlì nel settembre del 1876, che ebbe una duratura risonanza nazionale. Non bisogna poi dimenticare il grande contributo alla viticoltura e alla enologia italiana reso dal conte Giuseppe di Rovasenda, autore del *Saggio di Ampelografia Universale* (uscito nel 1877, proprio l'anno successivo alla mostra forlivese), nativo di Verzuolo e dal barone Antonio Mendola di Favara. Quest'ultimo raccolse una collezione di varietà di uva che venne definita una delle più grandi al mondo, e fu membro della Commissione Ampelografica del Ministero dell'Agricoltura italiano. Entrambi collaborarono alla stesura dell'opera del francese Victor Pulliat "*Le Vignoble*" (1874-1879). Nei decenni successivi svolgerà un'opera lungimirante per eliminare dai vigneti italiani i vecchi vitigni per vini "da osteria" e sostituirli con vitigni adeguati al gusto moderno del vino, il gusto di vini aromatici, chiari, di corpo adeguato, serbevoli e di gradazione

moderata, un altro grande ampelografo, Giovanni Dalmaso, lo studioso cui le autorità fasciste rimettono la decisione della delimitazione dell'area del Chianti, un problema che, degenerato nelle dispute tra senesi e fiorentini, ha acceso tra proprietari patrizi delle due province dispute che, animate dal vino, hanno mostrato i caratteri peculiari della rissa da taverna. Una recente iniziativa editoriale italiana, la pubblicazione dell'Ampelografia Universale Storica Illustrata da parte dell'Artistica Editrice, ha riproposto i testi dell'Ampélogaphie di Pierre Viala, la sezione delle uve contenute nella Pomona Italiana di Giorgio Gallesio e l'Ampelografia Italiana del Ministero dell'Agricoltura Italiano. I testi tratti dall'Ampélogaphie sono stati tradotti dal francese e riproposti nei loro contenuti più importanti da parte di Anna Schneider, Giusi Mainardi e Stefano Raimondi, con un'introduzione a cura di Pierre Galet. Complessivamente, l'Ampelografia Universale Storica Illustrata raccoglie le schede di 551 vitigni provenienti da tutto il mondo. Tutte le schede sono in italiano-inglese, con testo a fronte e corredate da cromolitografie a colori di grande formato, che illustrano il vitigno descritto.

I metodi ampelologici possono essere così classificati:

- metodi descrittivi, che si basano sulla descrizione dell'habitus morfologico della pianta e sottolineano quei caratteri che la rendono diversa da quelle appartenenti ad un'altra cultivar o specie o clone;

- metodi ampelometrici, che si basano sulla misurazione di parametri di alcuni organi della pianta e, rispetto ai precedenti risentono meno della soggettività dei giudizi del rilevatore;
- metodi biochimici e biomolecolari, che si basano sulla determinazione della presenza e della quantità di sostanze contenute in organi della pianta la cui biosintesi dipende più o meno direttamente dal genotipo, o sull'analisi di particolari porzioni di DNA.

La scelta di un metodo di lavoro non esclude l'impiego degli altri; l'identificazione varietale e clonale può essere realizzata utilizzando contemporaneamente tutti e tre i tipi di metodi, anzi ciò spesso è auspicabile per compensare i limiti che ogni metodo comporta e per ottenere risultati più completi e precisi.

Nel 1983 l'O.I.V. (Office International de la Vigne et du Vin) è giunta a formulare un "Code des caractères descriptifs des variétés et espèces de Vitis" quadrilingue (francese, inglese, spagnolo, tedesco) con il quale ha introdotto un sistema di codifica dei caratteri ampelografici descrittivi, che ne rende possibile la loro informatizzazione, poi utilizzato anche da organismi internazionali come l'International Board for Plant Genetic Resource (IBPGR) e l'International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) per il censimento del germoplasma viticolo e la descrizione delle nuove varietà ottenute per il miglioramento genetico. Le schede ampelografiche dell'O.I.V. introducono dei concetti innovativi; ad

ogni carattere infatti, si accompagna un numero di codice (per l'archiviazione computerizzata) e livelli di espressione del carattere rappresentati da numeri. Per le attribuzioni del livello di espressione vengono indicate delle varietà note a cui fare riferimento. I caratteri sono distinti in qualitativi (con livelli di espressione discreti e discontinui), quantitativi (livelli di espressione continui) e alternativi (o assenti o presenti). Nel 1998 per semplificare le procedure, sono state apportate ulteriori modifiche alle schede di rilievo dell'O.I.V. (EU- Projet Generes 081, 1997). In questo database vengono utilizzati i principali caratteri riportati nelle scheda ampelografiche O.I.V.

I metodi ampelometrici hanno introdotto la biometria nello studio dei caratteri ampelografici misurabili. In pratica consistono nel misurare parametri riferiti ad organi della pianta (foglie, frutti, ecc.) e confrontare le misure trovate con quelle ottenute su altre cultivar o cloni.

Gli scopi per cui vengono utilizzati sono essenzialmente due: superare la soggettività e l'approssimazione nella valutazione dei caratteri descrittivi qualitativi; ottenere valori numerici di parametri caratteristici di determinati vitigni (o cloni), con la possibilità di confrontarli mediante analisi statistica e di archivarli o trasferirli con metodi informatici. Fin dall'inizio la foglia adulta risultò uno degli organi della pianta più adatti ad essere oggetto di misure biometriche. Le foglie, infatti, oltre ad avere un ottimo valore diagnostico, sono disponibili per un periodo del ciclo vegetativo piuttosto lungo, non occupano molto spazio, sono leggere e possono essere facilmente

trasportate e conservate anche dopo essiccamento. La lamina fogliare è inoltre definita da due sole dimensioni, cosa vantaggiosa sia per ottenere riproduzioni (fotocopie) che per effettuare misurazioni. Nel presente database, pertanto, vengono utilizzati i principali caratteri ampelometri della foglia adulta (caratteri fillometrici) introdotti nelle schede O.I.V.

La scheda Ampelografica si compone di due pagine: una "principale" e una "complementare". Questa suddivisione è funzionale per la presentazione dei dati.

Non è previsto un minimo di caratteri da descrivere, ma è preferibile completare la pagina principale piuttosto che la pagina "complementare" (O.I.V., 2012). Le due pagine della scheda ampelografia sono riportate nelle figure 1 e 2.

ALLEGATO
DESCRIZIONE AMPELOGRAFICA PRINCIPALE

Varietà: Descritta da:		Paese:		Utilizzo:	
	Codice OIV	Annotazione		Codice OIV	Annotazione
Jeune rameau / Junger Trieb	001:	Grappe / Traube		202:	
Young shoot / Pámpano joven	003:	Bunch / Racimo		204:	
Giovane germoglio	004:	Grappolo		206:	
Rameau / Trieb	006:			207:	
Shoot / Pampano	007:			208:	
Germoglio	008:			209:	
	009:	Baie / Beere		220:	
	010:	Berry / Baya		221:	
		Acino		222:	
Vrilles / Ranken	016:			223:	
	017:				
Tendrills / Zarcillos				225:	
Viticci				226:	
Jeune feuille / Junges Blatt	051:			228:	
Young leaf / Hoja joven	053:			231:	
Foglia giovane	056:			232:	
Feuille adulte	065:			233:	
Ausgewachsenes Blatt	067:			235:	
Mature leaf	068:			236:	
Hoja adulta	070:			240:	
Foglia adulta	072:			241:	
	073:	Phénologie/Phenologie		301:	
	074:	Phenology/Fenología		303:	
	075:	Fenologia		304:	
	076:			351:	
	077:	Production/Produktion		502:	
	078:	Production/Producción		503:	
	079:	Produzione			
	080:	Caractér. du moût		505:	
	081-1:	Merkmale von Most		506:	
	081-2:	Charact. of grape must		508:	
	082:	Caract. del mosto			
	083-1:	Caract. del mosto			
	083-2:	Feuille adulte		605:	
	084:	Ausgewachsenes Blatt			
	087:	Mature leaf			
	093:	Hoja adulta			
		Foglia adulta			
Sarment / Rebholz	103:	Marqueurs SSR		801:	
Woody shoot / Sarmineto		SSR-Marker		802:	
Tralcio legnoso		SSR-marker		803:	
Fleur / Blüte	151:	Marcador SSR		804:	
Flower / Flor		Marcatore SSR		805:	
Fiore				806:	

*Esemplare certificato conforme
Izmir, il 22 giugno 2012
Il Direttore Generale dell'OIV
Secretario dell'Assemblea Generale*

Federico CASTELLUCCI

© OIV 2012

3

Fig. 1. Scheda ampelografia principale (O.I.V., 2012)

DESCRIZIONE AMPELOGRAFICA COMPLEMENTARE

Varietà:			
Descritta da:			
Paese:			
Utilizzo:			
	Codice OIV	Annotazione	
Jeune rameau/ Junger Trieb	002:		353:
Young shoot/ Pámpano joven	005:		354:
Giovane germoglio			401:
Rameau	011:		402:
Trieb	012:		403:
Shoot	013:		452:
Pámpano	014:		452-1:
Germoglio	015-1:		453:
	015-2:		455:
			455-1:
Jeune feuille/ Junges Blatt	054:		456:
Young leaf/ Hoja joven	055:		458:
Foglia giovane			458-1:
Feuille adulte	069:		459:
Ausgewachsenes Blatt	071:		460:
Mature leaf	085:		461:
Hoja adulta	086:		462:
Foglia adulta	088:	Production/Produktion	501:
	089:	Production/Producción	504:
	090:	Produzione	
	091:	Porte-greffe/Unterlage	551:
	094:	Rootstock/Portainjerto	552:
Sarment / Rebholz	101:	Portinnesto	553:
Woody shoot / Sarmineto	102:	Feuille adulte	601:
Tralcio legnoso	104:	Ausgewachsenes Blatt	602:
	105:	Mature leaf	603:
	106:	Hoja adulta	604:
Inflorescence / Infloreszenz	152:	Foglia adulta	606:
Inflorescence/Inflorescencia	153:		607:
Inflorescenza	155:		608:
Grappe / Traube	203:		609:
Bunch / Racimo			610:
Grappolo			611:
Baie / Beere	227:		612:
Berry / Baya	229:		613:
Acino	238:		614:
	242:		615:
	243:		616:
	244:		617:
Phénologie/Phenologie	302:		618:
	305:		
Phenology/Fenologia	306:	GPI *	701:
Fenologia	352:	PGM **	702:

Esemplare certificato conforme
Izmir, il 22 giugno 2012
Il Direttore Generale dell'OIV
Segretario dell'Assemblea Generale

*: Fosfo-glucosio isomerasi **: Fosfo-glucosio mutasi

Federico CASTELLUCCI

© OIV 2012

4

Fig. 2. Scheda ampelografia complementare (O.I.V., 2012)

2.2 Ricerche analoghe condotte su altre specie

Di seguito si riportano due ricerche condotte su cultivar di vite e olivo a supporto della ricerca oggetto della presente.

La prima delle due ricerche riportata ha come titolo "Within Cultivar Grapevine Variability Studied By Morphometrical And Molecular Marker Based Techniques" (Botta et al., 2000).

In tale ricerca quindici cloni della vite cultivar Nebbiolo, scelti come appartenenti a cinque biotipi (Lampia, Bolla, Rosé, Michet e Chiavennasca) secondo la tradizionale classificazione di questa cultivar nella sua zona di produzione nel nord-ovest Italia, sono stati esaminati per caratteri morfologici e biometrici e per i profili di DNA utilizzando marcatori microsatelliti.

L'obiettivo della ricerca era indagare la variabilità fenotipica già osservata per 'Nebbiolo' e per verificare l'esistenza di diversità genetica all'interno della cultivar. Osservazioni morfologiche sono state effettuate utilizzando i descrittori OIV per i germogli, le foglie e i frutti. I campioni di foglie sono stati esaminati con tecniche biometriche.

Per la tipizzazione del DNA sono stati analizzati cinque loci microsatelliti da un software GeneScan e mediante elettroforesi su gel di sequenziamento, seguita da chemiluminescenza. Le differenze morfologiche e biometriche hanno rivelato l'esistenza di tre gruppi di cloni.

Le differenze morfologiche trovate nei cloni Michet sono dovuti principalmente alla presenza di un virus. L'analisi del DNA ha dimostrato che il biotipo Rosé è geneticamente distinto dagli altri, anche se strettamente connesso ad essi.

I risultati hanno indicato che almeno due cause di polimorfismo fenotipico dovrebbero essere prese in considerazione per spiegare la variabilità osservata in vitigni di antica origine: le condizioni fitosanitarie della vite e la diversità genetica.

Nonostante similarità in rilevanti tratti morfo-agronomici mostrata da viti appartenenti alla stessa cultivar, cloni presumibilmente diversi sono stati originariamente selezionati da piante strettamente correlate, sostenendo in tal modo l'ipotesi di origine policlonale per alcune delle cultivar coltivate in tutto il mondo (Mullins et al., 1989).

Anche se la distinzione di 'Nebbiolo' in sottovarietà non è appropriata rispetto al codice di nomenclatura ufficiale, il verificarsi di casi analoghi di differenza genetica all'interno della cultivar è già stata dimostrata in altre cultivar di uva da vino (Silvestroni et al., 1997), indicando in tal modo la necessità di una discussione sulla nomenclatura attuale delle varietà di vite. Pertanto l'analisi morfologica e biometrica su tale varietà ha consentito di discriminare gruppi di cloni tali da poter essere considerati sottovarietà della cultivar Nebbiolo. Pertanto tale analisi applicata alla vite ha permesso di raggiungere un altissimo livello di discriminazione che può interessare non solo diverse varietà di vite ma anche sottovarietà.

La seconda ricerca ha come titolo “The Sicilian Olive Germplasm And Its Characterization By Using Statistical Methods” (Barone et al., 1994).

In tale ricerca i caratteri biometrici di frutta e foglia sono stati valutati per la loro capacità di discriminare cultivar di olivo. Sono stati rilevati dati su 25 cultivar autoctone siciliane.

Questa ricerca si è occupata della caratterizzazione del germoplasma siciliano di olivo, sulla base di analisi multivariata dei tratti biometrici con le seguenti finalità:

- Determinare il grado complessivo di polimorfismo dei caratteri;
- Verificare il valore tassonomico dei tratti biometrici;
- Valutare la presenza di sinonimie della collezione;
- Rilevare somiglianze / dissomiglianze tra le cultivar

In totale sono state utilizzate 17 variabili per le analisi statistiche. E' stata eseguita analisi discriminante separatamente per foglie, frutti e colore delle foglie.

Le funzioni discriminanti calcolate utilizzando i caratteri dei frutti hanno classificato correttamente l'87% delle osservazioni, ma solo meno del 50% con foglia e colore delle foglie. Non sono state rilevate identità tra cultivar.

La PCA effettuata sulla matrice di correlazione tra le cultivar per tutte le variabili indipendenti estratte ha spiegato più del 95% della varianza totale.

E' stata trovata una quantità considerevole di variabilità di caratteri morfologici tra cultivar. Pertanto l'analisi morfologica e biometrica applicata all'olivo ha consentito di discriminare le diverse varietà prese in considerazione. Si è pertanto giunti ad un alto livello di discriminazione.

3.1 Cultivar di gelso bianco presenti in Italia

In Italia, la più importante collezione di germoplasma del genere *Morus* si trova presso la Sezione Specializzata per la Bachicoltura de Padova, Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria. Esso comprende le varietà acclimatati per lungo tempo in Italia e di quelli, già citati, importato negli anni '30 e '50. La Tabella 1 contiene un elenco dettagliato dei queste varietà.

Tab. 1. Lista di varietà di gelso bianco presenti nella collezione di Padova (Cappellozza, 2002).

N.°	Genus	Species	Variety
1	Morus	multicaulis	LHOU
2	Morus	bombycis (Koidz.)	AKAGI
3	Morus	alba (L.)	ARANCINA
4	Morus	alba (L.)	ASCOLANA
5	Morus	alba (L.)	CATTANEO ?
6	Morus	alba (L.)	CATTANEO ?
7	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	DAIKOKUSOU
8	Morus	bombycis (Koidz.)	DATEAKAGI
9	Morus	bombycis (Koidz.)	ENSHUUTAKASUKE
10	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	FILIPPINE
11	Morus	alba (L.)	FLORIO
12	Morus	alba (L.)	GIAZZOLA
13	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	GOSHOERAMI
14	Morus	alba (L.)	ICHINOSE
15	Morus	alba (L.) o indica (L.)?	INDIANA
16	Morus	alba (L.)	KAIRYIOU NEZUMIGAESHI
17	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	KAYRIOU ROSOU
18	Morus	alba (L.)	KAYRIOU WASE JUUMONJI
19	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	KASUGA
20	Morus	bombycis (Koidz.)	KENMOCHI
21	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	KOKKA (?)
22	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	KOKUSOU 20
23	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	KOKUSOU 21
24	Morus	alba (L.)	KOKUSOU 27
25	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	KOKUSOU 70
26	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	KOKUSOU ROSSO
27	Morus	?	KORINNE
28	Morus	alba (L.)	LIMONCINA
29	Morus	?	MIURA
30	Morus	alba (L.)	MORETTIANA
31	Morus	?	MUKI
32	Morus	alba (L.)	NERVOSA
33	Morus	nigra	
34	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	OKARAGUWA
35	Morus	alba (L.)	PENDULA
36	Morus	kagayamae (Koidz.)	PLATANOIDE
37	Morus	alba (L.)	PYRAMIDALIS
38	Morus	alba (L.)	RESELLI
39	Morus	alba (L.)	ROSA DI LOMBARDIA
40	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	ROSOU
41	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	SEIJUUROU
42	Morus	alba (L.)	SELVATICA A LAMINA INTERA
43	Morus	alba (L.)	SELVATICA A LAMINA LOBATA
44	Morus	?	SELVATICO
45	Morus	bombycis (Koidz.)	SHIMANOUCI
46	Morus	alba (L.)	SINUENSE
47	Morus	alba (L.)	SPAGNA A FRUTTO BIANCO
48	Morus	alba (L.)	SPAGNA A FRUTTO NERO
49	Morus	alba (L.)	STERILE
50	Morus	alba (L.)	TAGOWASE
51	Morus	latifolia (Poir) (multicaulis)	TOUGOUNISHIKI
52	Morus	bombycis (Koidz.)	YAMANAKA -TAKASUKE

3.2 Cultivar di gelso bianco oggetto di ricerca

Le cultivar oggetto del presente studio sono quelle presenti in una collezione privata in agro di Giardinello e sono: Cattaneo, Florio, Kokusò 21, Korinne, Miura, Giazzola, Kayrio, Kokusò 20, Kokusò 27, Kokusò rosso, Morettiana, Restelli, Spagna a frutto nero.

La Morettiana è dioica, caratterizzata da foglie di piccole dimensioni, più o meno lobate o anche intere, frutti di colore biancastro o rosso vinoso, apertura delle gemme tra fine marzo e primi di aprile. Le foglie inizialmente tenere e di colore verde intenso, divengono poi consistenti e coriacee ai primi caldi estivi. Mantiene uno sviluppo sostenuto anche nel periodo estivo-autunnale con dei ricacci di 2,5 metri di lunghezza (Meneghini et al., 1985).

La Restelli è dioica, con foglie grandi, con lamina intera e ondulata; i frutti sono di colore violetto chiaro. Le gemme si aprono ai primi di aprile, le foglie di colore verde chiaro acquistano consistenza assai precocemente, le cacciate annuali sono molto lunghe e ad andamento verticale.

La Florio è una cultivar indigena, dioica, a foglie di media grandezza, intere, glabre, frutti di medie dimensioni e di colore rosso vinoso; apertura delle gemme nella prima metà di aprile; le foglie di colore verde brillante hanno parenchima spesso e morbido che acquista sempre maggiore consistenza nei mesi estivi; cacciate annuali vigorose e verticali. La varietà è una delle migliori per gli allevamenti bacologici.

La Giazzola è una cultivar dioica, a foglie intere alla base dei rami e lobate alla loro sommità, di dimensioni medio grandi, frutti biancastri, apertura delle gemme ai primi di aprile, maturazione delle foglie a fine maggio, foglia con pagina superiore glabra e lucente, di colore verde carico e picciolo giallastro che acquistano consistenza nella prima estate. Le cacciate annuali sono medio lunghe, verticali e con apice di colore rossastro (Meneghini et al., 1985).

L'Ichinose è una cultivar originaria del Giappone e ben acclimatata nell'ambiente mediterraneo, monoica con predominanza di infiorescenze maschili che compaiono una decina di giorni prima di quelle femminili all'inizio della germogliazione, a foglie di dimensioni medio grandi, intere o lobate, leggermente pubescenti, di colore verde chiaro, frutti insipidi, di colore rosso vinoso. Apertura delle gemme nella seconda metà di aprile, maturazione delle foglie a fine maggio, cacciate annuali vigorose che possono superare i tre metri di lunghezza (Meneghini et al., 1985).

La Kairyo è una cultivar originaria del Giappone, monoica con predominanza di infiorescenze femminili che compaiono a germogliazione avanzata e sono portate dal tratto distale del ramo mentre quelle maschili sono presenti alla sua base. Le foglie sono di dimensioni medio-grandi, intere o lobate, di colore verde carico, frutti di colore verde vinoso, apertura delle gemme a fine aprile e maturazione delle foglie a fine maggio, cacciate annuali vigorose (Meneghini et al., 1985).

Tra le cultivar presenti nella collezione si ricordano le Kokusò 20 e 21 e 27. Alcuni Autori descrivono le prime due appartenenti alla specie *Morus latifolia* (Poir.). Le prime due varietà sono importate dal Giappone, monoiche con predominanza di fiori femminili nella prima, e maschili nella seconda, a foglie grandi e intere, di colore verde chiaro che si inscurisce con il procedere della maturazione, frutti di piccole (nella cv Kokusò 20) e medie (nella cv Kokusò 21) dimensioni, di colore nero e di sapore dolciastro; apertura della gemme nell'ultima decade di aprile, con ritmo di germogliamento e sviluppo del germoglio piuttosto lenti; lento anche lo sviluppo delle foglie che raggiungono la maturazione nella prima metà di giugno. Cacciate annuali robuste superiori ai tre metri di lunghezza (Meneghini et al., 1985).

La Kokusò 27 è una cultivar importata dal Giappone, monoica, con abbondanti infiorescenze dei due sessi, ha foglie di notevoli dimensioni ("a orecchio di elefante"), lobate, di colore verde intenso, frutti grossi, oblunghi, di colore nero e di sapore dolciastro. Le caratteristiche di germogliamento e sviluppo sono simili alle altre due varietà (Meneghini et al., 1985).

4 Obiettivi della ricerca

La presente ricerca ha lo scopo di identificare e classificare le diverse varietà di gelso bianco su base biometrica. Si vuole applicare al gelso bianco quanto da tempo è stato effettuato sulla vite.

Relativamente alla vite, sebbene questa disciplina risulti praticata già nell'antichità (De Historia Naturalis di Plinio), è solamente nell'800 che assume il profilo della scienza grazie ad una catalogazione più oggettiva, connessa alle peculiarità botaniche della vite. Sono nati filoni specializzati di ricerca quali l'ampelometria, che si occupa specificamente delle misure delle foglie (fillometria) e dei frutti (carpometria), nonché della loro comparazione.

Attività vasta ha permesso di fare chiarezza sulla catalogazione di moltissime varietà. Oggi la descrizione di un vitigno viene fatta attraverso le schede ampelografiche approvate dall'International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) in collaborazione con l'O.I.V. (Office International de la Vigne et du Vin) e l'UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants) che evidenziano per ogni varietà, nome ed eventuali sinonimi, caratteristiche morfologiche e vegetative, attitudini colturali, terreni idonei alla coltura. Nuove tecniche di indagine comprendono l'ampelografia computerizzata, gli indici fillometrici, l'analisi del DNA e dei diagrammi enzimatici (isoenzimi).

Il presente studio si propone di verificare se esiste la possibilità di determinare caratteri, ottenuti da rilievi biometrici nel gelso bianco, che

siano stabili all'interno delle diverse varietà ma che consentano contemporaneamente di effettuare una discriminazione tra le varietà. A tal fine si è cercato di sfruttare le informazioni ad oggi acquisite relativamente alla determinazione ampelometrica ed applicarle alle stesse al *Morus alba*.

5 Materiali e metodi.

L'analisi biometrica è stata effettuata su campioni di foglie e frutti prelevati dalle varietà di gelso bianco facenti parte di una collezione sita in agro di Giardinello (38,0891° N, 13,1579° E) nel corso dell'anno 2011 e dell'anno 2012.

Le varietà oggetto della presente ricerca sono state le seguenti: Cattaneo, Florio, Kokusò 21, Korinne, Miura, Kayrio, Kokusò 20, Kokusò 27, Kokusò rosso, Morettiana, Restelli. Le piante di tre anni (al 2011), ottenute da talee radicate, sono state allevate in vasi di 20 litri, con substrato costituito da terriccio organico (20%) e terra di campo (80%) ed in pieno sole. Le piante sono state regolarmente irrigate e concimate.

5.1 La fillometria

Al fine della determinazione fillometrica si è proceduto alla selezione delle piante da cui prelevare le foglie. Si è deciso di selezionare un numero di 4 piante uniformi per ciascuna varietà. Si è quindi passati al prelievo delle foglie. Sono state prelevate 4 foglie su 4 piante appartenenti a ciascuna varietà. In tal modo per ogni varietà sono state prelevate 16 foglie. Ciascuna foglia è stata acquisita digitalmente tramite l'ausilio di scanner insieme ad un riferimento metrico al fine di effettuare

successivamente la taratura dello strumento di misurazione. Le foglie così acquisite sono state salvate come file immagine e catalogate in base alla varietà di appartenenza. Si è quindi passati alla individuazione dei caratteri da prendere in considerazione al fine di eseguire la determinazione fillometrica. I parametri fillometrici presi in considerazione sono quelli elencati in Tabella 2.

Tab. 2. Elenco delle variabili misurate sulle foglie delle 11 varietà di gelso bianco oggetto della prova nel 2011 e nel 2012 e relative abbreviazioni.

Altezza lamina	H
Larghezza lamina	W
lungh.picciolo	L-P
Profondità Seno peziolare	H-SP
Lungh. Venatura centrale	L-V1
Lungh. V2 (sinistra)	L-V2
Lungh. V3	L-V3
Lungh. V4	L-V4
Lungh. V5	L-V5
Lungh. V6	L-V6
Lungh. V7	L-V7
Lungh. V8	L-V8
Lungh. V9	L-V9
Lungh. V10	L-V10
Lungh. V11	L-V11
Lungh. V12	L-V12
Altezza dente apicale	H-DA
Largh. Alla base dente apicale	W-DA
Angolo SP (concavo in alto)	+ T1
Angolo inserzione picciolo (concavo in basso)	- T1
Angoli interni V2 (sinistra)	T2
Angoli interni V3	T3
Angoli interni V4	T4
Angoli interni V5	T5
Angoli interni V6	T6
Angoli interni V7	T7
Angoli interni V8	T8
Angoli interni V9	T9
Angoli interni V10	T10
Angoli interni V11	T11
Angoli interni V12	T12
Angolo DA	T-DA
Angolo venatura peziolare (3° ordine) sinistro	Z1
Angolo venatura peziolare (3° ordine) destro	Z2

Si sono inoltre presi in considerazione come parametri da valutare: il rapporto larghezza/ altezza della lamina fogliare, il rapporto larghezza/ altezza del dente apicale e un indice di regolarità del margine fogliare.

Si è passati quindi alla fase di misurazione delle caratteristiche fillometriche sopra descritte.

Ciò è stato effettuato tramite l'utilizzo di un apposito software, Image Tool, in grado di caricare il file immagine precedentemente salvato e catalogato e di misurare i parametri scelti come descrittori (Fig. 3). I dati così ottenuti sono stati salvati in appositi fogli di calcolo e resi quindi disponibili per la successiva analisi statistica.

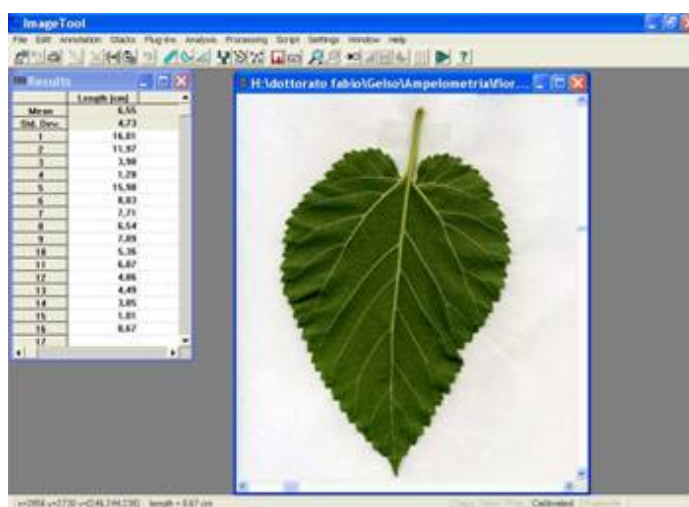


Fig. 3. Caratteri biometrici rilevati su foglia di gelsu bianco tramite software Image Tool.

Si è proceduto inoltre all'analisi del margine fogliare. Tale analisi è stata effettuata tramite l'ausilio di algoritmi di MATLAB. MATLAB (abbreviazione di Matrix Laboratory) è un ambiente per il calcolo numerico e l'analisi statistica che comprende anche l'omonimo linguaggio di programmazione creato dalla MathWorks. MATLAB consente di manipolare matrici, visualizzare funzioni e dati, implementare algoritmi, creare interfacce utente, e interfacciarsi con altri programmi. Nonostante sia specializzato nel calcolo numerico, un toolbox opzionale interfaccia MATLAB con il motore di calcolo simbolico di Maple. MATLAB è usato da milioni di persone nell'industria e nelle università per via dei suoi numerosi tool a supporto dei più disparati campi di studio applicati e funziona su diversi sistemi operativi. MATLAB è un linguaggio di alto livello e un ambiente interattivo per il calcolo numerico, l'analisi e la visualizzazione dei dati e la programmazione. MATLAB consente di analizzare dati, sviluppare algoritmi e creare modelli e applicazioni. Il linguaggio, gli strumenti e le funzioni matematiche incorporate consentono di esplorare diversi approcci e di raggiungere una soluzione più velocemente rispetto all'uso di fogli di calcolo o di linguaggi di programmazione tradizionali.

È possibile usare MATLAB in un'ampia gamma di applicazioni, tra cui l'elaborazione di segnali e i sistemi di telecomunicazione, l'elaborazione di immagini e video, i sistemi di controllo, test and measurement, la finanza computazionale e la biologia computazionale. Sono oltre un milione gli ingegneri e i ricercatori, attivi nell'industria e nelle università, che utilizzano

MATLAB come linguaggio del calcolo tecnico. L'analisi del margine fogliare è stata effettuata tramite l'individuazione del margine con funzione BOUNDARIES/REGIONPROPS, la definizione della regolarità del margine con funzione EDGE e infine la elaborazione di un indice "boundary". Tale indice può assumere valori che vanno da 0 (margine molto irregolare) a 1 (margine molto regolare).

Il prelievo e la conseguente analisi biometrica delle foglie sono stati effettuati nel corso di due anni per avere a disposizione un numero replicato di dati su cui effettuare l'analisi statistica.

Tab. 3. Medie \pm errore standard dei caratteri delle foglie misurati in sette cultivar di gelso bianco nel 2011

	florio	morettiana	restelli	miura	kokuso 27	kokuso 21	cattaneo
Hlamina	17,3 \pm 0,42	15,4 \pm 0,87	17,4 \pm 0,79	15,7 \pm 0,74	19,5 \pm 0,93	23,2 \pm 0,53	19,4 \pm 1,01
Wlamina	13,1 \pm 0,35	11,9 \pm 1,24	11,5 \pm 0,52	8,33 \pm 0,48	13,8 \pm 0,64	16,0 \pm 0,46	11,6 \pm 0,46
L-P	5,14 \pm 0,13	4,85 \pm 0,10	3,17 \pm 0,19	3,10 \pm 0,23	3,97 \pm 0,34	5,04 \pm 0,10	5,64 \pm 0,26
H-SP	1,60 \pm 0,09	1,24 \pm 0,24	0,60 \pm 0,13	0	1,02 \pm 0,07	1,71 \pm 0,14	1,26 \pm 0,09
L-V1	15,8 \pm ,45	14,2 \pm 0,64	17,0 \pm 0,79	15,3 \pm 0,73	18,7 \pm 0,90	20,9 \pm 0,88	18,2 \pm 0,99
L-V2	9,93 \pm 0,34	9,30 \pm 0,59	9,93 \pm 0,38	7,66 \pm 0,61	11,1 \pm 0,51	12,8 \pm 0,44	11,5 \pm 0,56
L-V3	9,47 \pm 0,30	8,2 \pm 0,73	10,4 \pm 0,62	6,90 \pm 0,50	10,8 \pm 0,36	12,1 \pm 0,37	11,3 \pm 0,68
L-V4	7,76 \pm 0,22	7,00 \pm 0,55	7,44 \pm 0,47	4,81 \pm 0,68	7,56 \pm 0,51	9,95 \pm 0,44	8,73 \pm 0,26
L-V5	7,39 \pm 0,31	6,87 \pm 0,74	7,06 \pm 0,30	5,75 \pm 0,53	8,39 \pm 0,46	9,98 \pm 0,38	7,64 \pm 0,55
L-V6	6,23 \pm 0,23	5,62 \pm 0,62	6,07 \pm 0,37	5,04 \pm 0,44	7,06 \pm 0,49	9,13 \pm 0,35	6,32 \pm 0,24
L-V7	5,62 \pm 0,26	4,8 \pm 0,73	5,19 \pm 0,31	5,21 \pm 0,27	6,51 \pm 0,50	7,92 \pm 0,34	5,14 \pm 0,37
L-V8	4,57 \pm 0,20	4,23 \pm 0,33	4,87 \pm 0,40	4,36 \pm 0,28	5,35 \pm 0,45	6,22 \pm 0,33	3,86 \pm 0,32
L-V9	3,69 \pm 0,23	3,61 \pm 0,68	3,69 \pm 0,24	3,80 \pm 0,28	3,91 \pm 0,40	5,20 \pm 0,26	2,79 \pm 0,35
L-V10	2,75 \pm 0,24	2,27 \pm 0,36	2,84 \pm 0,23	3,05 \pm 0,17	3,18 \pm 0,35	3,95 \pm 0,27	1,95 \pm 0,18
H-DA	0,77 \pm 0,07	0,86 \pm 0,04	0,86 \pm 0,13	1,05 \pm 0,12	1,10 \pm 0,09	1,18 \pm 0,13	1,65 \pm 0,12
W-DA	0,63 \pm 0,06	0,67 \pm 0,07	0,47 \pm 0,06	0,63 \pm 0,07	0,59 \pm 0,05	0,77 \pm 0,06	0,99 \pm 0,09
+ T1	103,6 \pm 3,40	114,1 \pm 10,9	113,3 \pm 20,5	-19,2 \pm 4,84	130,6 \pm 3,74	114,1 \pm 3,90	101,9 \pm 5,26
T2	40,0 \pm 1,38	28,2 \pm 1,54	44,8 \pm 3,27	45,5 \pm 1,21	36,5 \pm 2,76	48,2 \pm 4,23	39,7 \pm 1,82
T3	37,8 \pm 1,73	30,3 \pm 5,27	48,4 \pm 3,45	49,3 \pm 2,60	36,1 \pm 2,31	38,7 \pm 1,90	41,5 \pm 1,49
T4	46,5 \pm 1,27	39,5 \pm 2,30	40,1 \pm 1,57	50,7 \pm 2,03	42,9 \pm 1,90	48,0 \pm 1,90	39,6 \pm 2,63
T5	46,4 \pm 1,92	44,2 \pm 1,91	38,6 \pm 2,04	46,8 \pm 2,18	40,1 \pm 2,20	42,3 \pm 1,89	41,8 \pm 2,85
T6	44,9 \pm 1,38	37,8 \pm 2,72	40,5 \pm 2,10	50,1 \pm 2,57	37,3 \pm 1,83	46,1 \pm 2,50	40,5 \pm 1,25
T7	44,3 \pm 1,85	43,6 \pm 2,45	38,7 \pm 1,76	50,6 \pm 1,54	41,3 \pm 2,25	43,3 \pm 1,77	41,7 \pm 1,25
T8	45,9 \pm 1,56	47,9 \pm 4,70	37,5 \pm 1,26	52,8 \pm 3,17	44,9 \pm 2,35	47,7 \pm 3,27	43,6 \pm 2,63
T9	46,4 \pm 1,67	39,8 \pm 0,70	36,4 \pm 1,52	48,9 \pm 3,25	45,9 \pm 1,93	44,3 \pm 1,53	44,2 \pm 1,90
T10	45,8 \pm 1,80	44,9 \pm 3,29	39,9 \pm 2,08	49,3 \pm 3,19	45,7 \pm 2,22	47,5 \pm 2,01	49,4 \pm 3,69
T-DA	55,2 \pm 6,35	44,5 \pm 8,48	38,6 \pm 6,08	35,7 \pm 4,36	29,3 \pm 4,50	44,7 \pm 7,43	41,1 \pm 3,62
Z1	119,8 \pm 8,31	128,7 \pm 8,74	107,4 \pm 13,3	89,0 \pm 5,2	127,1 \pm 8,21	116,1 \pm 6,58	114,9 \pm 7,32
Z2	121,12 \pm 6,50	129,9 \pm 4,68	104,1 \pm 16,6	90,1 \pm 3,15	124,4 \pm 7,93	116,0 \pm 7,81	115,7 \pm 6,07
L/H_LAMINA	0,76 \pm 0,01	0,77 \pm 0,04	0,67 \pm 0,02	0,53 \pm 0,014	0,71 \pm 0,018	0,69 \pm 0,016	0,61 \pm 0,018
L/H_DA	0,95 \pm 0,11	0,79 \pm 0,09	0,65 \pm 0,12	0,63 \pm 0,09	0,61 \pm 0,09	0,89 \pm 0,18	0,60 \pm 0,02
BOUNDARY	0,85 \pm 0,01	0,81 \pm 0,01	0,93 \pm 0,009	0,84 \pm 0,03	0,82 \pm 0,02	0,85 \pm 0,009	0,89 \pm 0,008

Tab. 4. Medie \pm errore standard dei caratteri delle foglie misurate in undici cultivar di gelso bianco nel 2012

	florio	kokoso rosso	korinne	morettiana	restelli	ichinose	miura	kokoso 27	kayrio	kokoso 21
Hlamina	13,1 \pm 0,90	16,7 \pm 0,95	15,6 \pm 0,37	13,2 \pm 0,60	14,1 \pm 0,51	8,1 \pm 0,38	20,6 \pm 0,67	14,2 \pm 0,38	14,4 \pm 0,39	15,7 \pm 0,52
Wlamina	10,07 \pm 0,67	9,58 \pm 0,80	10,25 \pm 0,29	9,76 \pm 0,46	9,41 \pm 0,32	4,81 \pm 0,19	14,75 \pm 0,62	9,49 \pm 0,26	9,41 \pm 0,19	10,83 \pm 0,41
L-P	3,85 \pm 0,26	3,88 \pm 0,50	3,10 \pm 0,078	3,81 \pm 0,12	2,97 \pm 0,089	1,82 \pm 0,11	4,71 \pm 0,17	2,30 \pm 0,13	3,37 \pm 0,09	3,65 \pm 0,15
H-SP	1,00 \pm 0,11	3,74 \pm 1,89	0,46 \pm 0,04	0,68 \pm 0,05	0,33 \pm 0,04	0,34 \pm 0,04	1,91 \pm 1,03	1,12 \pm 0,06	0,77 \pm 0,06	1,22 \pm 0,10
L-V1	12,47 \pm 0,82	14,77 \pm 1,03	15,16 \pm 0,37	12,71 \pm 0,58	13,96 \pm 0,52	7,73 \pm 0,36	19,05 \pm 0,82	13,12 \pm 0,38	13,64 \pm 0,40	14,39 \pm 0,56
L-V2	7,92 \pm 0,58	9,24 \pm 0,34	7,91 \pm 0,23	7,51 \pm 0,40	8,50 \pm 0,39	4,41 \pm 0,32	11,20 \pm 0,51	7,23 \pm 0,19	7,61 \pm 0,21	7,81 \pm 0,29
L-V3	7,67 \pm 0,44	9,05 \pm 0,48	8,18 \pm 0,28	7,76 \pm 0,35	8,42 \pm 0,33	4,14 \pm 0,28	10,38 \pm 0,42	6,96 \pm 0,37	7,78 \pm 0,25	8,30 \pm 0,40
L-V4	5,90 \pm 0,38	7,07 \pm 0,30	6,89 \pm 0,36	5,74 \pm 0,37	6,67 \pm 0,19	3,22 \pm 0,25	9,49 \pm 0,43	4,86 \pm 0,27	6,97 \pm 0,16	7,15 \pm 0,31
L-V5	5,58 \pm 0,39	6,44 \pm 0,32	6,44 \pm 0,25	5,89 \pm 0,26	6,48 \pm 0,27	3,22 \pm 0,22	8,66 \pm 0,36	5,30 \pm 0,23	7,02 \pm 0,17	7,17 \pm 0,35
L-V6	4,96 \pm 0,35	5,59 \pm 0,41	5,58 \pm 0,28	5,10 \pm 0,22	5,26 \pm 0,26	2,50 \pm 0,24	7,75 \pm 0,35	5,31 \pm 0,24	5,52 \pm 0,18	5,93 \pm 0,32
L-V7	4,37 \pm 0,33	4,75 \pm 0,32	5,47 \pm 0,28	4,57 \pm 0,16	4,76 \pm 0,28	2,01 \pm 0,29	6,82 \pm 0,24	4,62 \pm 0,25	4,84 \pm 0,23	4,99 \pm 0,23
L-V8	3,64 \pm 0,24	3,78 \pm 0,36	4,59 \pm 0,23	3,90 \pm 0,16	3,39 \pm 0,22	1,88 \pm 0,20	5,47 \pm 0,32	3,73 \pm 0,23	3,57 \pm 0,19	4,30 \pm 0,31
L-V9	2,84 \pm 0,25	2,93 \pm 0,21	4,39 \pm 0,18	3,06 \pm 0,24	2,71 \pm 0,24	1,48 \pm 0,20	4,96 \pm 0,32	2,99 \pm 0,20	2,87 \pm 0,23	3,290,18
L-V10	2,31 \pm 0,23	2,34 \pm 0,27	3,48 \pm 0,20	2,45 \pm 0,17	1,74 \pm 0,18	0,95 \pm 0,18	3,87 \pm 0,29	2,46 \pm 0,19	2,10 \pm 0,11	2,82 \pm 0,17
H-DA	0,85 \pm 0,055	1,456 \pm 0,105	1,61 \pm 0,092	1,10 \pm 0,052	0,96 \pm 0,52	0,74 \pm 0,058	1,99 \pm 0,091	1,1 \pm 0,055	1,17 \pm 0,085	1,30 \pm 0,073
W-DA	0,64 \pm 0,029	0,76 \pm 0,024	0,82 \pm 0,038	0,67 \pm 0,038	0,74 \pm 0,043	0,44 \pm 0,051	1,01 \pm 0,045	0,59 \pm 0,038	0,67 \pm 0,036	0,73 \pm 0,045
+ T1	130 \pm 5,10	125,1 \pm 2,52	157,7 \pm 1,67	140,5 \pm 2,51	167,3 \pm 2,79	150,4 \pm 7,65	154,6 \pm 2,48	111,4 \pm 3,62	138,7 \pm 3,97	116,1 \pm 4,83
T2	167,5 \pm 1,39	166,4 \pm 2,16	168,7 \pm 0,82	166,1 \pm 1,12	165,8 \pm 1,08	162,9 \pm 1,68	167,7 \pm 1,29	165,9 \pm 2,17	170,1 \pm 1,10	166,7 \pm 1,02
T3	33,8 \pm 2,10	36,3 \pm 1,80	55,7 \pm 2,02	34,5 \pm 1,39	45,2 \pm 1,76	41,5 \pm 3,59	47,4 \pm 1,47	46,2 \pm 2,20	43,1 \pm 1,61	49,2 \pm 2,25
T4	30,3 \pm 1,64	35,5 \pm 1,69	52,3 \pm 1,95	30,9 \pm 1,11	44,9 \pm 1,90	44,3 \pm 2,55	46,6 \pm 1,76	48,6 \pm 1,79	42,8 \pm 1,70	44,0 \pm 1,17
T5	42,4 \pm 2,21	32,0 \pm 1,67	52,4 \pm 1,88	38,6 \pm 2,07	36,7 \pm 1,10	44,0 \pm 1,64	49,8 \pm 1,32	45,3 \pm 1,29	37,3 \pm 1,26	41,8 \pm 1,77
T6	42,3 \pm 1,59	30,4 \pm 1,26	53,3 \pm 1,24	37,2 \pm 0,84	38,0 \pm 1,67	45,5 \pm 1,60	50,9 \pm 1,05	40,8 \pm 1,67	35,6 \pm 0,97	36,7 \pm 1,36
T7	40,2 \pm 1,53	31,9 \pm 1,88	52,6 \pm 1,36	36,8 \pm 1,10	34,7 \pm 1,16	41,6 \pm 2,27	48,0 \pm 1,26	41,0 \pm 1,44	37,1 \pm 1,24	38,5 \pm 1,42
T8	41,4 \pm 2,18	35,2 \pm 1,44	49,1 \pm 1,72	36,6 \pm 0,73	37,4 \pm 1,41	40,6 \pm 2,58	48, \pm 1,40	40,3 \pm 1,19	36,7 \pm 1,39	36,9 \pm 0,87
T9	41,1 \pm 1,38	35,8 \pm 1,68	48,6 \pm 1,34	37,9 \pm 1,82	37,5 \pm 1,58	42,6 \pm 2,77	50,0 \pm 1,74	42,0 \pm 0,92	38,0 \pm 1,49	37,3 \pm 1,46
T10	43,2 \pm 1,75	36,8 \pm 1,73	48,9 \pm 1,21	37,0 \pm 1,00	40,2 \pm 1,14	43,6 \pm 2,13	49,5 \pm 1,24	44,3 \pm 1,97	38,0 \pm 1,80	39,7 \pm 1,46
T-DA	40,6 \pm 1,23	39,0 \pm 2,02	49,7 \pm 1,15	39,835 \pm 1,8	42,9 \pm 1,77	40,5 \pm 2,98	48,8 \pm 1,18	40,4 \pm 1,52	36,8 \pm 1,08	38,5 \pm 1,58
Z1	43,7 \pm 2,65	38,7 \pm 2,48	23,0 \pm 0,88	31,1 \pm 3,33	44,8 \pm 1,92	33,1 \pm 3,63	19,5 \pm 1,02	26,3 \pm 1,31	31,3 \pm 1,93	31,1 \pm 2,30
Z2	139,3 \pm 2,84	125,6 \pm 3,15	128,3 \pm 2,48	127,4 \pm 2,89	139,1 \pm 2,33	129,4 \pm 3,89	137,7 \pm 2,60	121,1 \pm 2,40	124,8 \pm 2,57	117, \pm 2,97
L/H_LAMINA	133,2 \pm 2,48	129,78 \pm 2,44	128,9 \pm 2,61	133,0 \pm 3,75	135,7 \pm 1,89	128,7 \pm 3,94	134,1 \pm 2,07	122,2 \pm 1,77	132,4 \pm 1,36	125,1 \pm 1,65
L/H_DA	0,011 \pm 0,80	0,053 \pm 0,55	0,009 \pm 0,52	0,014 \pm 0,62	0,016 \pm 0,77	0,014 \pm 0,59	0,014 \pm 0,52	0,018 \pm 0,52	0,017 \pm 0,59	0,017 \pm 0,57
BOUNDARY	0,898 \pm 0,0061	0,883 \pm 0,0173	0,926 \pm 0,0050	0,891 \pm 0,0092	0,949 \pm 0,0078	0,943 \pm 0,0156	0,867 \pm 0,0101	0,747 \pm 0,0187	0,910 \pm 0,0086	0,857 \pm 0,0105

5.2 La carpometria

Al fine della determinazione carpometrica si è proceduto alla selezione delle piante da cui prelevare i frutti. Si è deciso di selezionare un numero di 4 piante per ciascuna varietà.

I parametri carpometrici presi in considerazione sono stati i seguenti: altezza e larghezza, lunghezza peduncolo, peso e quantità di solidi solubili (espressa in gradi brix). Si è quindi passati al prelievo dei frutti. I frutti prelevati sono stati acquisiti in forma digitale tramite l'ausilio di fotocamera. I frutti sono stati fotografati insieme ad un riferimento metrico al fine di effettuare successivamente la taratura dello strumento di misurazione. I frutti così acquisiti sono stati salvati come file immagine e catalogati in base alla varietà di appartenenza. Anche in questo caso è stato utilizzato il software (Image tool) descritto in precedenza (Fig. 4) e i dati così ottenuti sono stati salvati in appositi fogli di calcolo.

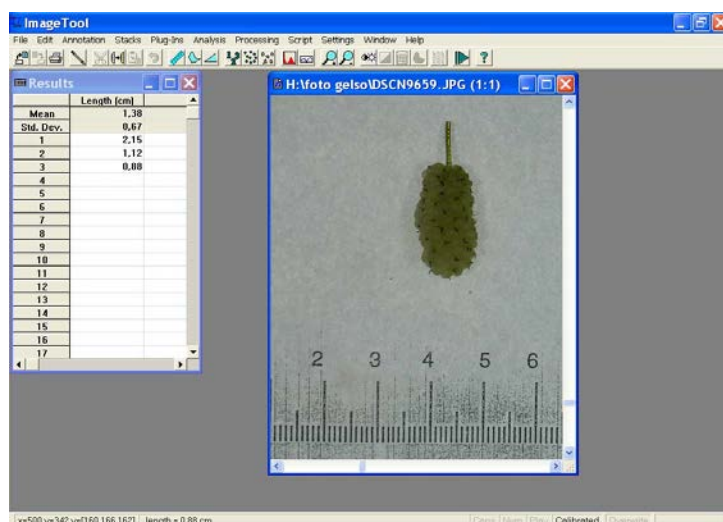


Fig. 4. Caratteri biometrici rilevati su frutto di gelso bianco tramite software Image Tool.

Si è quindi passati alla determinazione del peso dei frutti e del quantitativo di solidi solubili degli stessi. La determinazione dei solidi solubili è stata effettuata tramite l'ausilio di un rifrattometro digitale.

Tab. 5. Medie \pm errore standard dei caratteri dei frutti misurate in nove cultivar di gelso bianco nel 2011

	florio	kokuso rosso	spagna rosso	kayrio	cattaneo	kokuso 21	miura	giazzola	korinne
altezza	2,28 \pm 0,067	1,50 \pm 0,060	2,57 \pm 0,078	1,55 \pm 0,030	2,68 \pm 0,078	2,66 \pm 0,078	1,51 \pm 0,051	1,21 \pm 0,076	1,39 \pm 0,064
larghezza	1,19 \pm 0,030	0,96 \pm 0,028	1,56 \pm 0,031	1,03 \pm 0,018	1,54 \pm 0,044	1,32 \pm 0,032	1,13 \pm 0,032	0,89 \pm 0,057	1,11 \pm 0,066
lunghezza peduncolo	1,01 \pm 0,039	0,56 \pm 0,036	0,73 \pm 0,053	0,67 \pm 0,037	0,90 \pm 0,046	0,99 \pm 0,048	1,20 \pm 0,072	0,76 \pm 0,059	0,96 \pm 0,117
gradi brix	16,15 \pm 0,50	17,45 \pm 1,73	16,97 \pm 0,57	8,01 \pm 0,32	13,86 \pm 1,13	17,07 \pm 0,86	25,71 \pm 0,92	12,08 \pm 0,16	20,38 \pm 1,35
peso	1,38 \pm 0,081	0,71 \pm 0,0631	3,11 \pm 0,25	0,80 \pm 0,032	3,13 \pm 0,29	2,27 \pm 0,14	0,76 \pm 0,07	0,42 \pm 0,11	0,76 \pm 0,12

Tab. 6. Medie \pm errore standard dei caratteri dei frutti misurate in quattordici cultivar di gelso bianco nel 2012

	miura	spagna rosso	restelli	korinne	cattaneo	florio	kokuso rosso	kokuso 20	kayrio	kokuso 27	kokuso 21	morettiana	ichinose	giazzola
peso	1,19 \pm 0,044	2,20 \pm 0,157	1,74 \pm 0,066	1,74 \pm 0,064	2,14 \pm 0,177	0,94 \pm 0,048	2,46 \pm 0,195	2,20 \pm 0,127	1,31 \pm 0,076	0,67 \pm 0,051	1,98 \pm 0,128	1,07 \pm 0,048	0,47 \pm 0,032	1,20 \pm 0,045
gradi brix	15,9 \pm 0,45	15,2 \pm 0,63	18,7 \pm 0,93	14,2 \pm 0,37	17,0 \pm 0,34	24,9 \pm 0,83	13,0 \pm 0,14	11,5 \pm 0,65	10,1 \pm 0,52	20,9 \pm 0,60	22,1 \pm 0,69	25,1 \pm 0,81	22,5 \pm 0,99	27,7 \pm 0,68

5.3 L'analisi statistica

Dato l'elevato numero di parametri osservati e l'opportunità quindi di trarre un quadro generale di somiglianza tra cultivar, in questo studio sono state prese in considerazione procedure di analisi multivariata dei dati.

Quasi nessun problema statistico è caratterizzato da una sola variabile. I fenomeni oggetto di studio sono spesso il risultato di molteplici elementi concomitanti che non è possibile controllare.

Col termine analisi multivariata si indica quell'insieme di metodi statistici usati per analizzare simultaneamente più caratteri. L'esistenza di molte variabili interagenti l'una con l'altra complica alquanto l'analisi rispetto all'ideale caso univariato.

Le procedure statistiche univariate possono essere generalizzate, ma la complessità aumenta sempre più all'aumentare delle dimensioni del problema.

Fanno parte dell'analisi multivariata tecniche diverse, usate per risolvere problemi anche lontani fra loro. Pertanto è utile all'inizio illustrare con degli esempi alcune fra le situazioni più comuni per le quali è opportuno ricorrere ai metodi statistici multivariati.

In tutte le analisi statistiche multivariate il materiale grezzo è costituito da un certo numero di caratteri (variabili) che si vogliono studiare simultaneamente. L'analisi è detta multivariata perché vi sono più variabili

oggetto di studio e non una sola. Tuttavia gli scopi possono differire alquanto.

In alcuni casi l'obbiettivo dell'analisi e' semplicemente quello di classificare le unità statistiche sulla base di tutte le variabili considerate. L'intento e' in questo caso puramente descrittivo e volto a scoprire l'esistenza di eventuali gruppi di unità.

In altri casi si e' interessati piuttosto a ridurre le dimensioni della variabile multipla considerata in modo da riuscire a semplificare l'interpretazione. Talvolta questo e' possibile perché certe variabili sono fra loro correlate, altre volte perché esse sono indipendenti una volta eliminato l'effetto di altre.

Date le distribuzioni congiunte di due o più variabili, il metodo più utile per analizzare i dati è quello di rappresentarli sotto forma di tabella o matrice dei dati in cui ciascuna riga rappresenta le varie caratteristiche osservate sul generico elemento, mentre ciascuna colonna rappresenta la variabilità della stessa caratteristica sui vari elementi. In particolare, se la matrice dei dati è esprimibile linearmente in funzione di una matrice di variabili indipendenti, si parla di modello lineare multivariato.

Una distinzione essenziale nell'analisi multivariata è se si tratti di analizzare un sistema di covariazione tra gruppi (gli oggetti da esaminare appartengono a più di una popolazione) oppure entro gruppi (gli oggetti appartengono a un'unica popolazione). Le tecniche usate nel primo caso mirano a porre in evidenza un'eventuale disomogeneità dei campioni, e lo

scopo dell'analisi può essere quello di determinare se i vettori medi delle popolazioni siano o meno uguali (ed è il caso dell'analisi multivariata della varianza, o MANOVA), oppure quello di trovare combinazioni lineari delle variabili che massimizzino le differenze tra gruppi preesistenti (analisi discriminante).

Tra le diverse tipologie di analisi multivariata si è deciso di operare tramite la "linear discriminant analysis" e la "principal component analysis" con tecnica "biplot" seguita da "cluster analysis".

Tramite la linear discriminant analysis si vuole verificare se, considerando una serie di numerose variabili contemporaneamente, esiste una funzione lineare (combinazione lineare di alcune di tali variabili misurate) che consente di discriminare i diversi gruppi, nel nostro caso le diverse varietà.

La linear discriminant analysis consente, tramite la Stepwise Selection of Variables, di aggiungere (forward) o eliminare (backward), una alla volta, tutte le variabili misurate per calcolare la funzione che può o meno discriminare i gruppi. Il sistema passa quindi al calcolo del valore di F per ogni coppia di varietà per testare l'uguaglianza delle medie. Questi valori sono proporzionali alla distanza tra i gruppi misurata tramite il coefficiente D^2 di Mahalanobis.

Viene quindi effettuata l'elaborazione della funzione lineare tramite la progressiva eliminazione di tutte le variabili (backward). Vengono poi calcolate le variabili canoniche con i relativi coefficienti calcolati prima per i

dati in ingresso e poi per i valori normalizzati. Infine tutte le variabili canoniche sono valutate all'interno delle medie dei gruppi. Si genera così un grafico molto complesso a diverse dimensioni (tante quante sono le funzioni discriminanti) e i diversi valori rappresentano i centroidi delle ellissi che definiscono i gruppi.

L'analisi delle componenti principali o PCA, dall'inglese *principal component analysis*, è una tecnica per la semplificazione dei dati utilizzata nell'ambito della statistica multivariata per individuare criteri di associazione tra i parametri presi in considerazione. Fu proposta nel 1901 da Karl Pearson e sviluppata da Harold Hotelling nel 1933 (Bolasco S., 1999). È nota anche come trasformata di Karhunen-Loève (KLT), trasformata di Hotelling o decomposizione ortogonale propria (POD, dall'inglese *proper orthogonal decomposition*). Insieme all'analisi delle corrispondenze e all'analisi delle corrispondenze multiple, appartiene all'analisi fattoriale. Lo scopo primario di questa tecnica è la riduzione di un numero più o meno elevato di variabili (rappresentanti altrettante caratteristiche del fenomeno analizzato) in alcune variabili latenti (*feature reduction*). Ciò avviene tramite una trasformazione lineare delle variabili che proietta quelle originarie in un nuovo sistema cartesiano nel quale la nuova variabile con la maggiore varianza viene proiettata sul primo asse, la variabile nuova, seconda per dimensione della varianza, sul secondo asse e così via. Lo scopo della PCA è quello di ricavare un piccolo numero di combinazioni lineari indipendenti (componenti principali) di un insieme di

variabili che mantengono la maggior quantità di informazioni nelle variabili originali possibile. La riduzione della complessità avviene limitandosi ad analizzare le principali (per varianza) tra le nuove variabili.

Diversamente da altre trasformazioni (lineari) di variabili praticate nell'ambito della statistica, in questa tecnica sono gli stessi dati che determinano i vettori di trasformazione.

Alla luce delle loro proprietà possiamo dire che le componenti principali forniscono una spiegazione alternativa della variabilità osservata con il pregio di descrivere il fenomeno oggetto di studio mediante dimensioni fra loro non correlate e ordinate in termini della loro importanza nella spiegazione.

Questo permette (con maggiore o minore successo nei vari casi) di:

- ridurre il numero di variabili da considerare, scartando le ultime componenti principali (laddove si ritenga trascurabile il loro contributo alla spiegazione della variabilità osservata);
- interpretare il fenomeno oggetto di studio, mediante un'opportuna interpretazione delle componenti principali che non sono state scartate.

La riduzione del numero delle variabili consente alle volte più agevoli sintesi interpretative.

La PCA con tecnica biplot colloca nello spazio variabili misurate e cultivar, utilizzando i criteri di associazione di PCA standardizzati su scala uniforme.

La “cluster analysis” consente di raggruppare gli oggetti a seconda del grado di somiglianza che essi presentano.

Quando gli oggetti da esaminare sono tratti da un'unica popolazione, l'attenzione è rivolta innanzitutto ai modi di semplificare la struttura dei dati. Così, mentre l'analisi dei clusters tende a raggruppare quelle variabili che sono altamente correlate, l'analisi dei fattori ha lo scopo di risolvere le correlazioni tra variabili in quelle che si ritengono le loro cause determinanti, cioè di esprimere la covarianza in termini di un certo numero di fattori (inferiori al numero delle variabili) che spieghino una grande parte della varianza e della covarianza delle variabili originarie.

6. Risultati

Dalle prove effettuate sulle foglie raccolte in entrambi gli anni, la LDA stepwise backward ha portato ad un certo livello di discriminazione secondo una combinazione lineare delle seguenti 13 variabili (Tab. 7): altezza lamina, larghezza lamina, profondità seno peziolare, lunghezza venature V2, V3, altezza dente apicale e i seguenti angoli: V3, V5, V6, V9, rapporto altezza/larghezza lamina fogliare, analisi del margine fogliare.

Tab. 7. Elenco delle variabili mantenute dopo backward stepping della LDA effettuata sui caratteri fogliari misurati in 11 cultivar di gelso bianco nel 2011 e 2012.

Stepping Summary

	F(+ent, -rem)	Wilks's Lambda	Approx. F-Ratio	p-Value
L_V7	-0.88992	0.00249	5.53949	0.00000
ANG_V10	-0.95533	0.00261	5.70158	0.00000
L_MAINV	-1.02740	0.00274	5.87075	0.00000
ANG_V7	-1.08493	0.00288	6.03981	0.00000
L_V10	-1.11155	0.00304	6.22888	0.00000
L_V8	-1.19090	0.00321	6.42421	0.00000
ANG_V4	-1.34268	0.00342	6.62830	0.00000
L_DA	-1.40805	0.00365	6.84510	0.00000
L_V4	-1.42929	0.00390	7.07602	0.00000
ANG_V2LEFT	-1.59852	0.00420	7.31520	0.00000
LEFTANG_VP	-1.68991	0.00453	7.57036	0.00000
L_V6	-1.73121	0.00490	7.86031	0.00000
ANG_V8	-1.72951	0.00529	8.16941	0.00000
L_V9	-1.95275	0.00577	8.50779	0.00000
W_L_DA	-2.46744	0.00643	8.83388	0.00000
ANG_DA	-2.39721	0.00715	9.22580	0.00000
L_V5	-3.10497	0.00816	9.57766	0.00000
ANG_SP	-3.47668	0.00946	9.95740	0.00000

Utilizzando solo queste variabili la PCA con tecnica BILOT ha portato all'individuazione di tre componenti principali per la collocazione su uno spazio confrontabile (unità standardizzate) di variabili e cultivar; a seguire la cluster analysis ha individuato tre gruppi separati rappresentati in Fig. 5

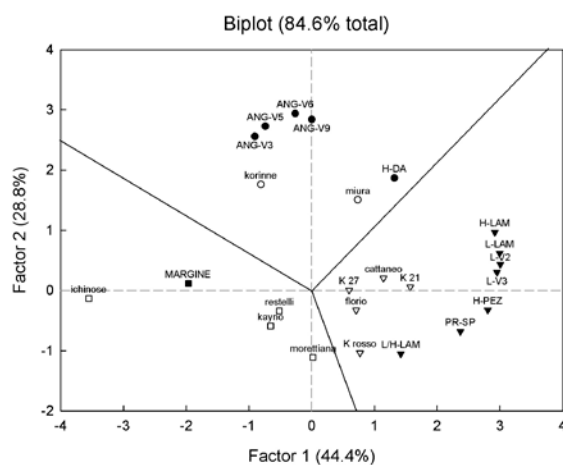


Fig. 5. Biplot risultante dalla PCA effettuata sui caratteri delle foglie misurate in undici cultivar di gelso bianco nel 2011 e nel 2012. Simboli di forma diversa indicano gruppi diversi secondo cluster analysis. I simboli pieni indicano i caratteri misurati, quelli vuoti le cultivar oggetto di studio.

Dall'analisi dei dati raccolti sui frutti nel 2011, la LDA stepwise backward ha portato ad un certo livello di discriminazione (Fig. 6) secondo una combinazione lineare delle seguenti quattro variabili: larghezza e altezza frutto, lunghezza picciolo e brix.

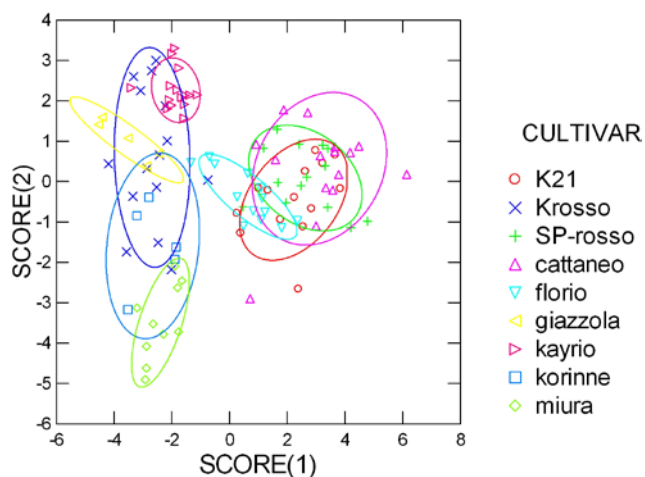


Fig. 6. Canonical Score Plot risultante dalla LDA backward effettuata sui caratteri dei frutti misurati in nove cultivar di gelso bianco nel 2011.

La PCA con tecnica BIPLLOT e utilizzando in questo caso tutte e sei le variabili ha portato all'individuazione di due componenti principali per la collocazione spaziale di variabili e cultivar; a seguire la cluster analysis ha individuato due gruppi separati (Fig. 7).

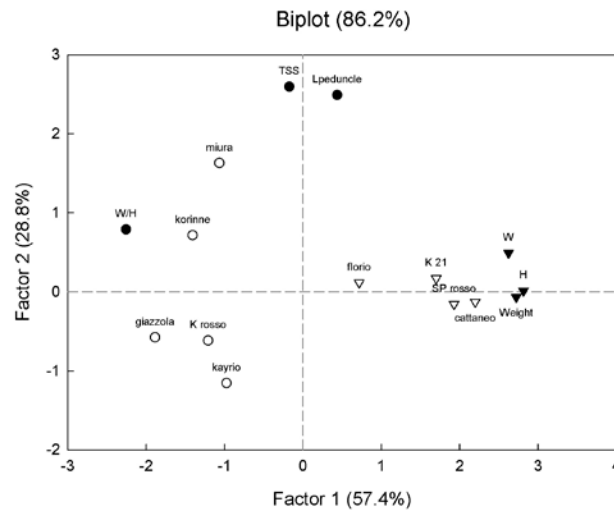


Fig. 7. Biplot risultante dalla PCA effettuata sui caratteri dei frutti misurati in nove cultivar di gelso bianco nel 2011. Simboli di forma diversa indicano gruppi diversi secondo cluster analysis. I simboli pieni indicano i caratteri misurati, quelli vuoti le cultivar oggetto di studio.

7 Discussioni

Come è stato già ampiamente esplicitato nel presente studio il panorama varietale del gelso bianco per molto tempo è stato caratterizzato da un certo disordine sistematico. Per cui spesso molte specie si sono considerate entità subspecifiche delle due specie più diffuse ovvero del gelso bianco e nero.

Sono stati riportati diversi studi sulla caratterizzazione varietale delle differenti cultivar di gelso bianco basati su differenze morfologiche delle foglie (Cappelozza et al., 1995; Cappelozza 1996). La tassonomia del genere *Morus* tuttavia è sempre stata molto confusa a causa della facilità con la quale le specie si incrociano tra loro.

Alcuni tassonomisti hanno basato la classificazione su differenze di portamento, morfologia fogliare, lunghezza dello stilo nei fiori femminili, colore del frutto. Si stanno anche sviluppando tecniche di biologia molecolare per l'identificazione varietale basate sull'uso di marcatori molecolari (RAPD, AFLP, DAMD) (Sinacori et al., 2006). Da una attenta analisi dei dati ottenuti con la presente ricerca è stata confermata la complessità relativa alla tassonomia del gelso bianco.

Tale complessità è dovuta alla facilità con cui la diverse specie appartenenti al genere *Morus* e con cui diverse genotipi appartenenti al gelso bianco si incrociano tra di loro.

Tali presupposti, valutando i risultati ottenuti, sono stati pienamente confermati. Infatti, tramite una accurata analisi statistica dei molteplici

parametri rilevati, è emersa l'impossibilità di trovare parametri biometrici in grado di discriminare e classificare le singole varietà.

E' stato bensì possibile determinare funzioni in grado di discriminare gruppi di varietà. Ciò è avvenuto nella analisi biometrica sia delle foglie che dei frutti delle varietà di *Morus alba* considerate nella presente ricerca.

Nelle foglie il numero di variabili utili per la discriminazione è stato ridotto a 13, dalle 36 di partenza ed è stato possibile, sulla base di tali parametri, individuare tre gruppi di varietà separati. Anche l'analisi dei frutti ha evidenziato un analogo comportamento. Infatti, in questo caso, è stato possibile determinare due gruppi separati con un numero di variabili ridotto a quattro.

Confrontando tali risultati ottenuti con studi analoghi condotti su specie come la vite e l'olivo emergono alcune considerazioni supportate dalle differenze genetiche esistenti tra il *Morus alba* e tali specie.

Nella vite è stato possibile identificare parametri biometrici di cloni di una varietà in grado di raggruppare gli stessi cloni in gruppi che possono essere considerati sottovarietà (Botta et al, 2000).

Nell'olivo, sulla base sempre di parametri biometrici, è stato possibile identificare e discriminare 25 cultivar autoctone siciliane (Barone et al., 1994). Al contrario nel gelso bianco non è stato possibile identificare e classificare cultivar o sottocultivar sulla base di parametri biometrici, bensì, gruppi di cultivar.

8 Conclusioni

Il gelso è una pianta estremamente versatile, dalle molteplici attitudini produttive. La più importante è legata al fatto che le sue foglie rappresentano l'unico alimento del *Bombyx mori*. La redditività della sericoltura è direttamente correlata con la produzione di foglie di alta qualità. Per decenni, tuttavia il gelso bianco è stato considerato una specie minore.

La crisi del settore agricolo oggi impone una maggiore differenziazione frutticola nei mercati e un'offerta più ampia in termini di prodotti di qualità al fine di ottenere un reddito adeguato ai produttori. Ciò ha spinto la ricerca scientifica verso una migliore conoscenza di specie un tempo coltivate nei nostri ambienti.

Il gelso bianco rientra tra quelle colture da recuperare sia per la produzione dei frutti e la bachicoltura, sia per migliorare la qualità delle produzioni nell'allevamento dei ruminanti (latte, carni, ecc.).

Il gelso bianco inoltre è una coltura ecocompatibile e versatile che coinvolge diversi processi produttivi che, se bene organizzati, possono avere delle ricadute positive sull'economia e sull'ambiente. Infatti, ha notevole importanza paesaggistica, antierosiva, nel recupero di aree marginali. Nella forestazione e nella conservazione dell'ambiente. E' stato ampiamente dimostrato un crescente interesse per la coltivazione del gelso bianco testimoniato dalla attività di ricerca riguardante tale coltura.

Per poter sfruttare al meglio tale coltura è di fondamentale importanza conoscerne nello specifico le caratteristiche genetiche e agronomiche.

La redditività della sericoltura è direttamente correlata, infatti, con la produzione di foglie di alta qualità. A tal fine si è fatto ricorso a risorse biotecnologiche. Marcatori genetici sono stati impiegati nel gelso per studiare la sua variabilità genotipica. La biotecnologia ha potenziato la ricerca e favorito un'ondata di nuove idee per il miglioramento del gelso.

Essendo una pianta perenne altamente eterozigote, nel gelso non è facile applicare i metodi convenzionali di miglioramento vegetale. Per lo stesso motivo la tassonomia del gelso bianco risulta particolarmente complessa.

Da un lato, sulla base delle conoscenze acquisite tramite analisi biometrica di altre specie (vite e olivo), era auspicabile un tentativo di identificare e classificare alcune varietà di gelso bianco mediante analisi biometrica di foglie e frutti. Dall'altro lato, tuttavia, considerando le basi genetiche del gelso bianco era da ritenersi molto arduo il compito della presente ricerca. Si tratta, infatti, di ricercare parametri biometrici stabili e discriminati. Caratteri cioè in grado di discriminare cultivar diverse ma tali da mantenersi stabili all'interno delle cultivar stesse.

Risulta evidente che la facilità con cui i diversi genotipi di gelso bianco si incrociano tra di loro ha determinato un elevato grado di somiglianza morfologica tra le varietà, probabilmente associato alla natura quantitativa dei caratteri genetici associati. Ciò non consente allo stato attuale di

affidarsi ai soli parametri biometrici per classificare e discriminare le singole varietà mentre lo si potrebbe fare per individuare gruppi di varietà.

Da questi risultati ottenuti emergono molteplici considerazioni ma anche alcuni quesiti. Infatti è possibile formulare svariate ipotesi su quale sia il principio di base secondo cui le varietà si raggruppano tra di loro e la base genetica che rende tali varietà simili o, per meglio dire, non discriminabili sotto un punto di vista biometrico.

Dalle considerazioni di cui sopra è comprensibile la necessità di associare, in futuro, alle analisi biometriche una accurata analisi biomolecolare, utilizzando le conoscenze ad oggi acquisite.

Di particolare interesse risulta la possibilità di ampliare la ricerca su un numero più elevato di varietà. Infatti le varietà di gelso bianco analizzate nella presente ricerca fanno parte di una più vasta collezione di varietà presenti in una collezione privata in agro di Giardinello.

Molte delle varietà presenti nella suddetta collezione privata non sono state considerate in questo studio in quanto erano ancora molto giovani e allevate in fitocelle e quindi non esprimevano caratteri stabili.

Nel corso dell'anno 2012 tutte le varietà presenti nella collezione privata di Giardinello sono state trapiantate in pieno campo. Tali piante, poste pertanto in condizioni ottimali e uniformi, potranno svilupparsi correttamente offrendo la possibilità di effettuare una analisi biometrica su un numero nettamente superiore di varietà.

Affiancando l'analisi biometrica e le conoscenze acquisite nel presente studio ad una accurata indagine biomolecolare di tutte queste varietà, sarà molto probabilmente possibile rispondere ai quesiti rimasti irrisolti. Si potranno, inoltre, aprire nuovi e importanti scenari nel miglioramento genetico di una specie (gelso bianco) oggetto di un rinnovato interesse economico, agronomico e ambientale.

BIBLIOGRAFIA

- K AHMAD I., SIDDIQUI T., KHAN R.A., BUTT T.M. 2010. Root growth of morus alba as affected by size of cuttings and polythene low tunnel. World Academy of Science, Engineering & Technology, 68:1085-1098.
- BALDINI E. 1986. Arboricoltura generale, CLUEB Editore, Bologna, pp. 67-71.
- BALDONI L. 1992. Frutticoltura generale. REDA Edizioni, Roma, pp. 56-58.
- BARONE E., DI MARCO L., MOTISI A., CARUSO T. 1994. The sicilian olive germplasm and its characterization by using statistical methods. Acta Horticulturae, 356:66-69.
- BASAVAIAH L., DANDIN S.B., RAJAN M.V. 1989. Microsporogenesis in hexaploid *Morus serrata* Roxb., Cytologia, 54:747–751.
- BENIGNI R., CAPRA C., CATTORINI P.E. 1962. Piante medicinali: chimica farmacologica e terapia vol I, ed. Inverni&Della Beffa, Milano 56: 644-645.
- BERTELLI BERGAMASCHI M. 1994. Seta e Colori nell'alto Medioevo, ed. Cisalpino p. 440.
- BOTTA R., SCHNEIDER A., AKKAK A., SCOTT N.S., THOMAS M.R. 2000. Within cultivar grapevine variability studied by morphometrical and molecular marker based techniques. Acta Horticulturae, 528:91-96.
- BOTTON A., BARCACCIA G., CAPPELLOZZA,S., DA TOS R., BONGHI C., RAMINA A. 2005. DNA fingerprinting sheds light on the origin of introduced mulberry (*Morus* spp.) accession in Italy. Genetic Resources and Crop Evolution, 52: 181-192.

- BURGESS KS, MORGAN M, DEVERNO L, HUSBAND BC. 2005. Asymmetrical introgression between two *Morus* species (*M. alba*, *M. rubra*) that differ in abundance. *Molecular Ecology*, 14(11):3471-83.
- CALABRESE F., 1993. *Frutticoltura tropicale e subtropicale II° fruttiferi legnosi*. EDAGRICOLE – EDIZIONI AGRICOLE, Bologna.
- CAPPELLOZZA L., 2000. Mulberry germplasm resources in Italy. FAO Electronic Conference on “Mulberry for Animal Production”. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/mulberry/home.htm>
- CAPPELLOZZA L., CORADAZZI A.T., TORNADORE N., 1995. Studies on the phenotypic variability of seven cultivars of *Morus alba* L. and three of *Morus multicaulis* P. (Moraceae) – Part1. *Sericologia*, 35(2):257-270.
- CAPPELLOZZA L., CORADAZZI A.T., CAPPELLOZZA S., BALDAN B., MARIANI, P. 1996. Studies on the phenotypic variability of seven cultivars of *Morus alba* L. and three of *Morus multicaulis* P. (Moraceae) – Part 2. *Sericologia*, 36(1):91-102.
- CHATTOPADHYAY S., GANDHI S., HALDER S., ALI A. K., BAJPAI A. K. 2011. Comparative micropropagation efficiency of diploid and triploid mulberry (*Morus alba* cv. S1) from axillary bud explants. *African Journal of Biotechnology*, 10(79):18153-18159
- FIDEGHELLI C. (1992). *La moderna potatura*, REDA Edizioni, Roma.
- FIORENUOLI F. (1998). *Fitoterapia*, ed. Masson, II edizione 184-185
- ISABELLE M., LEE B.L., ONG C.N., LIU X., HUANG D. 2008. Peroxyl radical scavenging capacity, polyphenolics, and lipophilic antioxidant profiles of mulberry fruits cultivated in southern China. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56:9410–9416.
- JAIN A.K., SARKAR A., DATTA R.K. 1996. Induction of haploid callus and embryogenesis in in vitro cultured anthers of mulberry (*Morus indica*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 44:143-147.

- KATAGIRI K. e MODALA V. 1993. Induction of calli and organ-like structures in isolated pollen culture of mulberry, *Morus australis* Poiret. *Journal of Sericulture Science*, 62:1–6.
- KELLER E.R.J. e KORZUN L. 1996. Ovary, ovule culture for haploid production. Jain S.M., Sopory S.K., Veilleux S. *In vitro* haploid production in higher plants. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 56:217–235
- KHURANA P., CHECKER V. 2011. The advent of genomics in mulberry and perspectives for productivity enhancement. *Plant and Cell Reproduction*, 30:825–838.
- MENEGHINI A., REALI G., TREVISAN M. 1985. *Bachicoltura moderna*, Edagricole Editore, Bologna 156-162
- MULLINS M.G., MEREDITH C.P. 1989. The nature of clonal variation in wine grapes, a review. *Proceedings of the VII Australian Industry Technical Conference, Winetitles*, pp. 79-82.
- OZGEN M., SERC S., KAYA C. 2009. Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Scientia Horticulturae*, 119:275–279.
- SETHI M.S., BOSE S., KAPOOR A., RANGASWAMY N.S. 1992. Embryo differentiation in anther cultures of mulberry. *Indian Journal of Experimental Biology*, 30:1146–1148.
- SHOUKANG L., DONGFENG J., JUN A.Q. 1987. *In vitro* production of haploid plants from mulberry (*Morus*) anther culture. *Scientia Sinica*, 30:853-863.
- SINACORI A., REALE S., BOTINDARI M., ALFONZETTI T., VITALE F. 2006. Nota Preliminare sulla Determinazione di Cultivar di *Morus alba* L. mediante PCR e RAPD. *Italus Hortus*, 26:327-330.

- SRIVASTAVA P. P., VIJAYAN K., AWASTHI A. K., SARATCHANDRA B. 2004. Genetic analysis of *Morus alba* through RAPD and ISSR markers. Indian Journal of Biotechnology, 03:527-532.
- SILVESTRONI O., DI PIETRO D., INTRIERI C., VIGNANI R., FILIPPETTI I., DEL CASINO C., SCALI M., CRESTI M. 1997. Detection of genetic diversity among clones of cv Fortana by micro satellite DNA polymorphism analysis. Vitis, 36:147-150.
- TEWARI P.K., CHAKRAVARTY S.P., NINHA S.S., DATTA R.K. 1994. In vitro study on pollen culture in Mulberry. Acta Botanica, 24:87-94.
- THOMAS D. 2004. Embryological observations on unpollinated ovary culture of mulberry (*Morus alba* L.). Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica, 46:87-94.
- ZHANG M., CHEN M., ZHANG H.Q., SUN S., XIA B., WU F.H. 2009. In vivo hypoglycemic effects of phenolics from the root bark of *Morus alba*. Fitoterapia, 80:475-477.
- ZHANG W., HAN F., HE J., DUAN C. 2006. HPLC-DAD-ESI-MS/MS Analysis and antioxidant activities of nonanthocyanin phenolics in mulberry (*Morus alba* L.). Journal of Food Science, 73:46-47.