

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ

Сборник материалов II Международной
научно-практической конференции

16–18 ноября 2020, Екатеринбург



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

II Международная научно-практическая конференция

Современные подходы и методы в защите растений

(16–18 ноября 2020 года, Екатеринбург, Россия)

Материалы II Международной научно-практической конференции

Екатеринбург
ИЗДАТЕЛЬСТВО АМБ
2020

УДК 57+58+63
ББК 28+40.0

Редакционная коллегия:

Т. В. Глухарева, Т. А. Калинина, М. Г. Малева (отв. редактор)

Современные подходы и методы в защите растений: Материалы II Международной научно-практической конференции (16–18 ноября 2020 г., Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия). – Екатеринбург : ИЗДАТЕЛЬСТВО АМБ, 2020. – 260 с.

ISBN 978-5-6045430-0-9

Материалы II Международной научно-практической конференции «Современные методы и подходы в защите растений» (16–18 ноября 2020 г., Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия) включают доклады, представленные учеными из России и других стран. Конференция посвящена защите растений – активно развивающейся междисциплинарной области наук о жизни. Обсуждаемые актуальные направления исследований: Химические методы защиты растений; Биологические методы защиты растений; Современные методы диагностики болезней растений; Устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды; Селекция, семеноводство и сортовыведение; Экология и природопользование; Методы молекулярной генетики в защите растений.

Книга может быть интересна широкому кругу специалистов в области биологии, сельского хозяйства, экологии, биохимии, физиологии растений, биотехнологии и др., а также преподавателям, аспирантам и студентам химических и биологических специальностей.

Публикации изложены в авторской редакции с минимальными техническими исправлениями.

Издание выпущено при финансовой поддержке Программы повышения конкурентоспособности Уральского федерального университета, постановление 211 Правительства Российской Федерации (контракт № 02.А03.21.0006).

УДК 57+58+63
ББК 28+40.0

ISBN 978-5-6045430-0-9

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation
“Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin”

II International Scientific and Practical Conference

**Modern approaches and methods
in plant protection**

(November 16–18, 2020, Ekaterinburg, Russia)

The Materials of the II International Scientific and Practical Conference

Ekaterinburg
AMB publishing house
2020

УДК 57+58+63
ББК 28+40.0

Editorial team:

T. V. Glukhareva, T. A. Kalinina, M. G. Maleva (executive editor)

Modern approaches and methods in plant protection: The Materials of the II International Scientific and Practical Conference (November 16–18, 2020, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia). Ekaterinburg : AMB Publishing House, 2020. 260 p.

ISBN 978-5-6045430-0-9

The Materials of the II International Scientific and Practical Conference “Modern approaches and methods in plant protection” (November 16–18, 2020, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia), include reports, presented by the researchers from Russia and many other countries. The conference is focusing on plant protection, the actively developing interdisciplinary field of Life sciences. The following sections let to discuss the actual topics: Chemical methods of plant protection; Biological methods of plant protection; Modern methods of diagnosis of plant diseases; Studies of plant resistance to biotic and abiotic environmental factors; Selection, seed production and sorting; Ecology and nature management; Methods of molecular genetics in plant protection.

The book could be interesting to a wide range of professionals in the fields of biology, agriculture, ecology, biochemistry, plant physiology, biotechnology, etc., and also to teachers, as well as graduate students of chemical and biological specialties.

The publications are presented in the author's edition with minimal technical corrections.

Published with the financial support of the Ural Federal University Competitiveness Enhancement Program, Act 211 Government of the Russian Federation (contract № 02.A03.21.0006).

УДК 57+58+63
ББК 28+40.0

ISBN 978-5-6045430-0-9

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	13
INTRODUCTION	14
ПЛЕНАРНЫЕ ЛЕКТОРЫ	15
СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»	
Алексеева К. Л., Сметанина Л. Г.	
Применение Силипланта и Фармайода против серой гнили томата	20
Антипов Е. В., Созина Е. М.	
Сравнение биологической эффективности инсектицидов против тлей	22
Далинова А. А., Дубовик В. Р., Берестецкий А. О.	
Гербицидный потенциал фитотоксинов <i>Stagonospora cirsii</i> S-47 стагонолидов А, J, К и гербарумина I	24
Дарказанли М., Киселева И. С.	
Новые протоколы стерилизации поверхности для изоляции эндофитных бактерий из растений (бобы черные, горох и ячмень)	26
Домбровская С. С., Конопля Н. И.	
Особенности химического и механического контроля многолетних сорняков в летне-осенний период	28
Епифанцев В. В., Панасюк А. Н., Осипов Я. А., Вайтехович Ю. А.	
Влияние смесей гербицидов на динамику численности сорняков и продуктивность сои в Приамурье	30
Ермакова М. В.	
Влияние деформаций стволов у молодых деревьев сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) на формирование их репродуктивной сферы	32
Ермакова М. В.	
Деформации стволов молодых деревьев сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	34
Калинина Т. А., Баландина В. И., Герман В. В., Обыденнов К. Л., Глухарева Т. В.	
Синтез и фунгицидная активность новых амидов 1,2,3-тиадиазолил- и 2,3-дихлоризотиазолилкарбоновых кислот	36
Калинина Т. А., Герман В. В., Яшная М. А., Обыденнов К. Л., Галиева Н. А., Березкина Т. В., Бакулев В. А., Глухарева Т. В.	
Исследование фунгицидной активности бензимидазолов на листьях огурца и рапса	38
Кузнецова М. А., Денисенков И. А., Рогожин А. Н., Сметанина Т. И., Демидова В. Н., Стацюк Н. В.	
Определение оптимальной стратегии защиты картофеля от альтернариоза в условиях эпифитотии ..	40
Курдюкова О. Н.	
Влияние адьювантов на эффективность гербицидов в посевах кукурузы	42
Курченко В. П., Сушинская Н. В., Майорова К. И., Тихонов В. Е., Пушкина Н. В.	
Использование олигохитозанов для повышения урожайности кукурузы	44
Морковина В. А., Половникова В. В., Порсев И. Н.	
Распространённые болезни смородины чёрной и меры борьбы с ними в Южном Зауралье	46
Синкевич О. В., Копина М. Б., Сурина Т. А.	
Выявление и идентификация карантинных объектов на хризантеме в Республике Карелия	48

Смук В. В., Шпанев А. М.

Проблемы химической защиты посадок картофеля от альтернариоза 50

Соколов Г. И.

Многолетнее изучение очагов вредителей и болезней леса в Челябинской области и способов борьбы с ними 52

Тимофеев В. Н., Вьюшина О. А., Рамазанова В. С.

Эффективность частиц микроэлементов в системе защиты яровой пшеницы 54

СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ»

Alekseev V. Y., Veselova S. V., Rummyantsev S. D., Burkhanova G. F., Cherepanova E. A., Maksimov I. V.

Bacteria of the genus *Bacillus* and their lipopeptides enhance endurance of wheat plants to the greenbug aphid *Schizaphis graminum* Rond. 58

Nsengiyumva D. S., Balabanov P. A., Kiseleva I. S.

Biological activity of extracts from xylophilic fungi: Application in agricultural fields 60

Tokasheva D. S., Iksat N. N., Omarov R. T.

Manganese application as the protection way for plants from viral diseases 62

Tripti, Kumar A., Darkazanli M., Rajkumar M., Bruno L. B.

Metal and drought tolerant biochar based biofertilizer for enhanced growth of *Raphanus sativus* 64

Борисова Г. Г., Малева М. Г., Атамбире А., Давыдова Д. К., Трипти

Древесный биочар как биодобавка для улучшения роста *Phacelia tanacetifolia* 66

Бурьгин Г. Л., Красова Ю. В., Горшков Ю. В., Ткаченко О. В., Щеголев С. Ю.

Бактериальные макромолекулы как активаторы фитоиммунитета 68

Валеева Л. Р., Дэгью Э., Холл М., Шакиров Е. В.

Исследование антибактериальной активности внеклеточных метаболитов мхов *Physcomitrella patens* и *Ceratodon purpureus* 70

Дарказанли М., Киселева И. С., Синенко О. С.

Роль эндофитных бактерий в поддержании физиологического состояния растений гороха 72

Доброхотов С. А., Анисимов А. И., Рогозева У. Б.

Разработка системы биологической защиты капусты 74

Ермошин А. А., Синенко О. С., Никконен И. В., Новиков В. В., Киселева И. С.

Экстракты ксилотрофных грибов снижают токсическое действие ионов кадмия у ячменя 76

Зейрук В. Н., Васильева С. В., Белов Г. Л., Абашкин О. В., Дервягина М. К., Барков В. А.

Приемы биологизации при возделывании картофеля 78

Ивасенко М. Д., Ивасенко Д. А., Анциферов Д. В., Бухтиярова П. А., Глухова Л. Б., Франк Ю. А.

Влияние экстракта рейннутрии (*Reynoutria japonica* Houtt.) на рост *Fusarium* sp. 80

Конопля Н. И.

Контроль потенциальной засоренности почвы стимуляторами роста 82

Кравец А. В., Минаева О. М., Терещенко Н. Н., Зюбанова Т. И., Акимова Е. Е.

Влияние предпосадочной обработки клубней бактериями *Pseudomonas extremorientalis* на фитосанитарное состояние и урожайность картофеля 84

Никитин Е. Н., Теренжев Д. А., Любина А. П., Гумерова С. К., Рахмаева А. М., Шаронова Н. Л. Антимикробная активность экстрактов цветов трехреберника непахучего (<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch. Bip.) в отношении фитопатогенных микроорганизмов	86
Супрунова Т. П., Сахарова А. Н., Маркин Н. В., Игнатов А. Н., Соловьев С. Ю. Калинина Н. О., Тальянский М. Э. Биологическая эффективность применения противовирусных препаратов на основе дцРНК для защиты картофеля.....	88
Сушинская Н. В., Курченко В. П., Майорова К. И., Тихонов В. Е., Киселева И. С. Использование комплексной обработки семян кукурузы олигохитозаном и меланином для стимулирования ростовых процессов.....	90
Филипцова Г. Г., Соколов Ю. А., Юрин В. М. Влияние бактериальных пептидных элиситоров на устойчивость бобовых культур к оксидативному стрессу	92
Чикин Ю. А., Гулик Е. С., Харлова А. А. Сравнительная эффективность методов искусственного заражения большого мучного хрущака для первичной оценки патогенности энтомопатогенных грибов	94
Шеин М. Ю., Бурханова Г. Ф., Максимов И. В. Изменения активности генов <i>Dcl</i> и <i>Ago</i> в растениях пшеницы инфицированных <i>Stagonospora nodorum</i> Berk и при обработке бактериями <i>Bacillus</i> spp.	96
Поленогова О. В., Ярославцева О. Н., Носков Ю. А., Крюкова Н. А., Клементьева Т. Н., Андреева Е., Ходырев В. П., Крюков В. Ю., Глугов В. В. Патофизиология кишечника колорадского жука под действием <i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>morrisoni</i> и авермектинов: роль энтеробактерий в чувствительности к инсектицидам.....	98
СЕКЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ РАСТЕНИЙ»	
Богоутдинов Д. З., Гирсова Н. В., Кастальева Т. Б. Опасность фитоплазмозов при возделывании кормовых культур	100
Игнатьева И. М., Каримова Е. В., Приходько С. И. Диагностика возбудителя бактериального ожога фасоли <i>Xanthomonas axonopodis</i> pv. <i>phaseoli</i> в растительном и семенном материале зернобобовых культур при помощи молекулярно-генетических методов.....	102
Лозовая Е. Н., Приходько Ю. Н., Живаева Т. С., Шнейдер Ю. А., Каримова Е. В. Разработка и совершенствование методов диагностики Нью-Дели вируса курчавости листьев томата	104
Лопаткин А. А., Приходько Ю. Н., Живаева Т. С., Хорина Н. А., Шнейдер Ю. А. Метод ПЦР в реальном времени для диагностики вирусов зерновых культур: вируса карликовой мозаики кукурузы (Maize dwarf mosaic virus) и вируса мозаики костра (Brome mosaic virus)	106
Макарова Т. А., Макаров П. Н., Самойленко З. А. Инфекционные болезни видов рода <i>Salix</i> L. в насаждениях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.....	108
Михайлова Е. В., Шеин М. Ю., Алексеев В. Ю., Сухарева А. С., Панфилова М. А. Генетическое разнообразие растительных патогенов, вызывающих мучнистую росу	110
Приходько С. И., Писарева И. Н., Корнев К. П. Диагностика опасной карантинной бактерии <i>Xylella fastidiosa</i> Wells et al.	112

Сурина Т. А., Копина М. Б., Синкевич О. В.

Определение переменных участков генов для идентификации карантинных видов рода *Phytophthora* 114

Уварова Д. А., Цветкова Ю. В.

Оптимизация методов диагностики возбудителя антракноза зерновых *Colletotrichum graminicola* sensu lato 116

Шнейдер Ю. А., Приходько Ю. Н., Каримова Е. В., Живаева Т. С., Лозовая Е. Н.

Разработка методов диагностики вируса метельчатости верхушки картофеля и вируса желтой карликовости картофеля в Российской Федерации 118

Яремко А. Б., Приходько С. И., Корнев К. П.

Испытание и оптимизация методов на основе ПЦР для идентификации бактериальной пятнистости цветной капусты *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* (mcculloch) Young et al. 120

СЕКЦИЯ «ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К БИОТИЧЕСКИМ И АБИОТИЧЕСКИМ ФАКТОРАМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

Matsishina N. V., Fisenko P. V., Sobko O. A., Volkov D. I., Kim I. V., Chekushkina T. N.

Morphological abnormalities of the 28-punctata potato ladybug *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857) when feeding on potato varieties of various origins 124

Yarullina L. G., Tsvetkov V.O., Sorokan A. V., Burkhanova G. F., Grits A. N., Kalatskaya J. N.

Influence of stress phytohormones on the stability of callus and potato tuber to the pattern of phytophthora 126

Антонова Е. В., Позолотина В. Н.

Влияние хронического облучения и климатических факторов на популяции пустыряника пятилопастного 128

Арисова А. К., Еремченко О. З.

Раздельное и комбинированное воздействие NaCl-засоления и щелочности корневой среды на пероксидазную активность *Triticum aestivum* L. 130

Артемьева Е. П., Беляева П. А.

Морфометрическая характеристика растений амаранта хвостатого в условиях умеренно континентального климата 132

Богоутдинова Л. Р., Коновалова Л. Н., Баранова Е. Н.

Влияние условий освещения на прохождение стадий развития *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić при повреждении *Aesculus hippocastanum* L. 134

Боме Н. А., Колоколова Н. Н., Утебаев М. У.

Экологический отбор генотипов *Triticum aestivum* L. по устойчивости к мучнистой росе и качеству зерна 136

Боталова К. И., Еремченко О. З.

Влияние кислотности и щелочности корневой среды на активность компонентов антиоксидантной защиты *Triticum aestivum* L. и *Secale cereale* L. 138

Валдайских В. В., Михалищев Р. В., Дунаева О. В., Попов А. Ю.

Особенности годового прироста некоторых видов Pinaceae в зависимости от климатических, эдафических и географических факторов 140

Гончарова Ю. К., Гончаров С. В., Харитонов Е. М., Брагина О. А.

Локусы, определяющие озерненность метелки у риса при воздействии высоких температур 142

Гончарова Ю. К., Брагина О. А., Якуба Ю. Ф.	
Механизмы засухоустойчивости и методы анализа устойчивости по признаку.....	144
Гумерова Е. А., Акулов А. Н., Румянцева Н. И.	
Красный и синий свет по-разному влияют на накопление флавонолов и проантоцианидинов в культуре клеток гречихи татарской.....	146
Лушникова Т. А.	
Взаимодействие трофической и гормональной систем регуляции в адаптации яровой мягкой пшеницы к засухе	148
Мазина А. Б., Газизова Н. И., Даминова А. Г., Минибаева Ф. В.	
S-нитрозилирование белков при индуцированной аутофагии в <i>Triticum aestivum</i>	150
Малева М. Г., Филимонова Е. И., Лукина Н. В., Глазырина М. А., Синенко О. С., Борисова Г. Г.	
Рекультивация золоотвала способствует снижению накопления металлов и улучшению фотосинтетической функции у орхидеи <i>Listera ovata</i>	152
Махнева С. Г.	
Факторы эндогенной, индивидуальной и экологической изменчивости мужской генеративной системы сосны	154
Минаева О. М., Акимова Е. Е., Зюбанова Т. И., Кравец А. В., Терещенко Н. Н.	
Возможность использования культуры одноклеточной водоросли <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. для оценки резистентности сортов и гибридов картофеля к колорадскому жуку	156
Некрасов Э. В., Шумилова Л. П., Гомжина М. М.	
Патогенность двух видов фомоидных грибов в отношении абрикоса маньчжурского	158
Плотников Д. С., Тугбаева А. С., Ермошин А. А., Киселева И. С.	
Ответные реакции проростков <i>Zinnia elegans</i> на действие разных концентраций ионов меди.....	160
Прадедова Е. В., Саляев Р. К.	
Влияние биотического фактора на систему антиоксидантной защиты центральной вакуоли клеток корнеплодов столовой свеклы.....	162
Рогожин Е. А., Барашкова А. С., Рязанцев Д. Ю., Завриев С. К.	
Выявление гомологов гевеино-подобных защитных пептидов семейства WAMP в дикорастущих злаках: разнообразие, структурный аспект и спектр биологической активности	164
Розенцвет О. А., Богданова Е. С., Нестеров В. Н., Бакунов А. Л., Милехин А. В., Рубцов С. Л.	
Продуктивность, морфологические и физиолого-биохимические свойства картофеля сортов Сиверский и Третьяковка в условиях степной зоны Среднего Поволжья	166
Сиротина Т. О.	
Особенности размножения плодовых культур в условиях глинистой пустыни Центрального Казахстана	168
Тугбаева А. С., Ермошин А. А., Плотников Д. С., Вируянган Х., Киселева И. С.	
Восстановление роста <i>Zinnia elegans</i> после Cu^{2+} -стресса.....	170
Фомина Н. В., Борцова И. Ю.	
Оценка состояния почвенного микробоценоза после применения гербицидов.....	172
Ширяев Г. И., Борисова Г. Г., Малева М. Г., Воропаева О. В.	
Экстремальное техногенное загрязнение оказывает влияние на структуру фотосинтетического аппарата <i>Phragmites australis</i>	174

Коврижных В. В.

- Концентрационно-зависимые эффекты салициловой кислоты на меристему корня
Arabidopsis thaliana 176

СЕКЦИЯ «СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И СОРТОВЫВЕДЕНИЕ»**Аврамова Е. С., Бессонова В. А., Черепанова О. Е.**

- Введение в культуру *in vitro* *Hedysarum gmelinii* Ledeb. 178

Богдан П. М., Коновалова И. В., Клыков А. Г.

- Оценка параметров адаптивности сортов мягкой и твердой пшеницы
с использованием методов математического анализа 180

Гончаров С. В., Базис А. Р., Орлова П. А., Зеленская Э. В., Палиев Б. В.

- Селекция линий подсолнечника на устойчивость к заразихе 182

Казнина Н. М., Орловская О. А., Игнатенко А. А., Орловская О. А., Дубовец Н. И.

- Влияние дефицита цинка на рост и развитие растений гибридных линий пшеницы
с разным аллельным состоянием гена *Gps-B1* 184

Нашенова Г. З., Нашенов Ж. Б.

- Оценка сортов *Magetes patula* L. в условиях аридного климата Центрального Казахстана 186

Нашенова Г. З., Нашенов Ж. Б.

- Мобилизация семян местной флоры для сохранения генофонда Центрального Казахстана 188

Николаев П. Н., Юсова О. А.

- Высококачественные сибирские сорта голозерного овса 190

Стефанович Г. С., Оконешникова Т. Ф., Валдайских В. В., Беляева П. А., Рымарь В. П.

- К вопросу о селекции декоративных злаков в ботаническом саду УрФУ 192

Филиппов Е. Г.

- Размножение *Astragalus gorodkovii* Jurtz. и *Astragalus gorczakovskii* L. Vassil. в условиях *in vitro* 194

СЕКЦИЯ «ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»**Kozlova A. A.**

- Cartographical monitoring of red wood ants (subgenus *Formica* s. str.) as active forest protectors 198

Mikayilov A. M.

- Effects of anthropogenic factors on soil and plant processing (in the example of Kura depression) 200

Болотник Е. В.

- Морфологические особенности видов рода *Prunella* L. на Среднем и Южном Урале 202

Винокуров Н. Б.

- Видовое богатство и экологические особенности ос-блестянок трибы (*Chrysidini*)
в растительных сообществах водоохранной зоны реки Кумы и Подкумка (Северный Кавказ) 204

Завьялов К. Е., Менщиков С. Л.

- Применение мелиорантов при рекультивации техногенно-нарушенных земель
аэротехногенными выбросами магнезитового производства 206

Иванова Н. С., Золотова Е. С.

- Влияние сплошных рубок на видовое разнообразие растений горных лесов
Среднего Урала 208

Королева Е. Н.

- Некоторые подходы к компенсационному озеленению на территории города Барнаула 210

Корчевская Ю. В., Троценко И. А., Ушакова И. Г.	
Роль цикла дисциплин экологической биотехнологии при подготовке бакалавров и магистров направления «Природообустройство и водопользование».....	212
Космачева А. Г., Трифонова Т. А., Чеснокова С. М.	
Оценка влияния смесей антибиотиков разных групп на фитотоксичность дерново-подзолистой почвы.....	214
Лукина Н. В., Бажин Д. В., Филимонова Е. И., Глазырина М. А., Борисова Г. Г., Ганем А.	
Анатомо-морфологические особенности <i>Pinus sylvestris</i> L., произрастающей на отвалах горнодобывающей промышленности Среднего Урала.....	216
Миронова М. К., Камаев И. О., Приходько Ю. Н.	
Потенциальные последствия и пути распространения на территории России вируса Rose rosette virus и клеща <i>Phyllocoptes fructiphilus</i>	218
Моллаева М. З., Темботова Ф. А.	
Аномалии пыльцы <i>Pinus sylvestris</i> L. в условиях гор Центрального Кавказа	220
Мохначев П. Е., Махнева С. Г., Менщиков С. Л., Потапенко А. М., Кокоченко В. В.	
Качество семян сосны обыкновенной, сформированных в условиях аэротехногенных выбросов крупных промышленных центров Урала	222
Назаров В. И., Ключенкова М. И., Попов А. П., Волков П. А., Нартов А. С., Макаренков Д. А.	
Улучшение агрохимических свойств пахотных земель с использованием микроэлементов в хелатной форме.....	224
Напалкова В. В., Клобуков Г. И., Пономарев В. И.	
Роль материнского эффекта и условий эмбрионального развития в выживаемости непарного шелкопряда <i>Lymantria dispar</i> L. (Lepidoptera: Erebidae) на постэмбриональных стадиях	226
Саблирова Ю. М., Темботова Ф. А., Цепкова Н. Л.	
Редкие виды сосудистых растений лесных экосистем Центрального Кавказа	228
Смолянский М. С.	
Влияние климатических факторов на границы распространения <i>Clematis orientalis</i> L. в пределах юга России	230
Соломатин Н. В., Нестеренко М. Ю.	
Методика оценки эколого-хозяйственного состояния территории интенсивной добычи нефти и газа на примере Байтуганского месторождения	232
Терехов Г. Г., Андреева Е. М., Стеценко С. К.	
Состояние 40-летних культур кедра сибирского, посаженных био группами, на Среднем Урале	234
Фомин В. В., Иванова Н. С., Михайлович А., Золотова Е. С.	
Проблема климатогенной динамики в генетической лесной типологии	236
Хусаинов Р. В.	
Фитонематоды полей капусты на территории Центрально-Европейской части России.....	238
Черных Д. А., Тасейко О. В.	
Воздействие загрязняющих веществ на смертность населения Красноярской промышленной агломерации.....	240
Шарова Е. А., Шарова А. Д.	
Эколого-биологические особенности <i>Achillea millefolium</i> L. в условиях произрастания Байкаловского района	242

Щукина Д. А., Борисова Г. Г., Малева М. Г., Иванова Т. С.

Инвазивные гидрофиты как индикаторы антропогенной нагрузки на водоемы г. Екатеринбург и его окрестностей..... 244

СЕКЦИЯ «МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГЕНЕТИКИ В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ»

Коваленко К. А., Валуйских О. Е., Шадрин Д. М.

Генетическая идентификация охраняемого в Республике Коми вида *Parrya nudicaulis* (L.) Boiss. с использованием последовательности ITS2 248

Панфилова М. А., Хуснутдинов Э. А., Шейн М. Ю., Сухарева А. С., Кулуев Б. Р., Михайлова Е. В.

Редактирование гена *Caprice* рапса для изменения антоциановой окраски и исследования роли антоцианов в устойчивости к стрессам..... 250

Санникова А. В., Валеева Л. Р., Шарипова М. Р., Шакиров Е. В.

Роль генов TRF-подобных белков в регуляции длины теломер у *Physcomitrella patens*.....252

Терещенко Н. Н., Зюбанова Т. И., Акимова Е. Е., Минаева О. М.

Оценка пригодности почвы для размножения оздоровленного семенного картофеля на основе метагеномного анализа микробного сообщества почвы и уровня его супрессивной активности 254

Черепанова О. Е., Петрова И. В., Санников С. Н.

Изучение аллозимной дифференциации популяций *Calluna vulgaris* (L.) Hull. 256

Чикурова А. Д., Валуйских О. Е., Шадрин Д. М.

Идентификация *Phlojodicarpus villosus* (Ariaceae) на основе анализа нуклеотидных последовательностей ITS2 и *trnH-psbA*258

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемые коллеги!

Растения – это уникальные организмы, которые обеспечивают всю биосферу органическим веществом, энергией и кислородом. Они являются важнейшим сырьем для человека, который использует их как источник пищи, лекарств, строительных материалов и других важных для него ресурсов. Растения определяют особенности климата и создают пространство для жизни другим организмам. Вместе с тем, как все живое, они уязвимы. Как природные, так и антропогенные неблагоприятные факторы среды нарушают процессы жизнедеятельности растений и снижают их продуктивность. Поэтому вопросы защиты растений от фитопатогенов, фитофагов, химического загрязнения среды и других стрессоров представляют большой теоретический и практический интерес.

Первая конференция по защите растений в Уральском федеральном университете проходила в 2018 году (12–14 ноября 2018, Екатеринбург, Россия). Архив материалов конференции размещен на сайте <https://plantprotection.urfu.ru>.

Целью II Международной научно-практической конференции «Современные подходы и методы в защите растений» является создание площадки для научной дискуссии о глобальных и региональных тенденциях в области защиты растений. В 2020 году конференция пройдет в форме секционного заседания в смешанном формате *on-line* и *off-line*. Конференция посвящена активно развивающимся направлениям в области защиты растений и включает следующие тематики:

- химические методы защиты растений;
- биологические методы защиты растений;
- современные методы диагностики заболеваний растений;
- исследование устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам окружающей среды;
- селекция, семеноводство и сортовыведение;
- экология и природопользование;
- методы молекулярной генетики в защите растений.

В сборник конференции включены тезисы докладов участников II Международной научно-практической конференции «Современные подходы и методы в защите растений» (16–18 ноября 2020, Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия).

Сборник будет интересен специалистам-биологам, химикам, биотехнологам; студентам вузов биологических, химических, сельскохозяйственных направлений.

От имени Оргкомитета рады сообщить Вам, что во II Международной научно-практической конференции примут участие ученые из более чем 30 городов Российской Федерации, а также ученые из Беларуси, Казахстана, Украины, Азербайджана и Узбекистана.

Благодарим всех за участие в конференции!

*От имени Оргкомитета конференции,
Председатель Ирина Сергеевна Киселева
и зам. председателя Татьяна Владимировна Глухарева*

INTRODUCTION

Dear Colleagues!

Plants are unique organisms providing the entire biosphere with organic matter, energy and oxygen. They perform the most important raw materials for humans - a source of food, medicine, building materials and other important resources. Plants determine the characteristics of the climate and create environment for other organisms to live. At the same time, like all living things, they are vulnerable. Both natural and anthropogenic adverse environmental factors could disrupt the vital processes of plants and reduce their productivity. Therefore, the issues of plant protection from phytopathogens, phytophages, chemical pollution of the environment and other stressors are of great theoretical and practical interest.

The first conference on plant protection at the Ural Federal University was held in 2018 (November 12–14, 2018, Ekaterinburg, Russia). The archive of conference materials is available on the website <https://plantprotection.urfu.ru>.

The goal of the II International Scientific and Practical Conference “Modern approaches and methods in plant protection” is to create a platform for discussion on global and regional trends in plant protection. In 2020, the conference will be held in the form of a session in a mixed on-line and off-line format. The conference deals with the actively developing areas in the field of plant protection and includes the following topics:

- Chemical methods of plant protection;
- Biological methods of plant protection;
- Modern methods of diagnosing plant diseases;
- Study of plant resistance to biotic and abiotic environmental factors;
- Selection, seed production and breeding;
- Ecology and resource management;
- Molecular genetics in plant protection.

The conference collection includes abstracts of the II International Scientific and Practical Conference “Modern approaches and methods in plant protection” (November 16–18, 2020, Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia).

The collection will be interesting to biologists, chemists, biotechnologists; students of universities of biological, chemical, agricultural areas.

On behalf of the Organizing Committee, we are glad to inform you that scientists from more than 30 cities of the Russian Federation, as well as scientists from Belarus, Kazakhstan, Ukraine, Azerbaijan and Uzbekistan will take part in the II International Scientific and Practical Conference.

Thank you all for participating in the conference!

*On behalf of the Conference Organizing Committee,
Chairman Irina Sergeevna Kiseleva
and deputy Chairman Tatiana Vladimirovna Glukhareva*

Пленарные лекторы



Владимир Петрович Курченко, к.б.н., доцент

Заведующий лабораторией прикладных проблем биологии, Биологический факультет Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Научные интересы: структурно-функциональные свойства биологически активных веществ животного, растительного и грибного происхождения

Название доклада: Повышение урожайности кукурузы путем предпосевной обработки семян хитозаном и электромагнитным полем СВЧ-диапазона



Наталья Владимировна Сушинская

Научный сотрудник лаборатории прикладных проблем биологии, Биологический факультет Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Научные интересы: получение, физико-химические свойства и биологическая активность метаболитов дереворазрушающих грибов

Название доклада: Получение и биологическая активность меланиновых пигментов афиллофороидных грибов



Любовь Георгиевна Яруллина, д.б.н., проф.

Ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии иммунитета растений Института биохимии и генетики – обособленного структурного подразделения УФЦ РАН, г. Уфа, Россия

Научные интересы: иммунитет растений, регуляция экспрессии генов, патоген-индуцируемые белки, биопрепараты, экологически безопасное растениеводство

Название доклада: Стимулирование клеточных механизмов формирования устойчивости растений к патогенам бактериями рода *Bacillus* и сигнальными молекулами



Игорь Владимирович Максимов, д.б.н., проф.

Заведующий лабораторией биохимии иммунитета растений Института биохимии и генетики – обособленного структурного подразделения УФЦ РАН, г. Уфа, Россия

Научные интересы: физиология растений, защита растений, фитоиммунитет

Название доклада: Современные подходы к защите растений: роль эндофитных микроорганизмов



Геннадий Леонидович Бурозин, к.б.н., доцент

Старший научный сотрудник лаборатории иммунохимии Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, доцент кафедры растениеводства, селекции и генетики Агрономического факультета Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

Научные интересы: растениеводство, ризосферные бактерии, фитоиммунитет, биоудобрения

Название доклада: Бактериальные макромолекулы как активаторы фитоиммунитета



Галина Владимировна Волкова, д.б.н.

Заместитель директора по развитию и координации НИР, заведующая лабораторией иммунитета зерновых культур к грибным болезням, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений» г. Краснодар, Россия

Научные интересы: популяционная биология, иммунитет растений, защита растений, экология.

Название доклада: Методология создания и использования сортов сельскохозяйственных культур в защите от болезней (на примере зерновых культур)



Екатерина Николаевна Баранова, к.б.н.

*Руководитель группы геномных модификаций
Всероссийского научно-исследовательского
института сельскохозяйственной биотехнологии
РАН, г. Москва, Россия*

Научные интересы: клеточная биология, защита растений, биотехнология растений, трансгенные исследования, сельское хозяйство будущего

Название доклада: Проблемы и перспективы применения технологий геномной модификации и регуляции защитных механизмов в инженерии растений

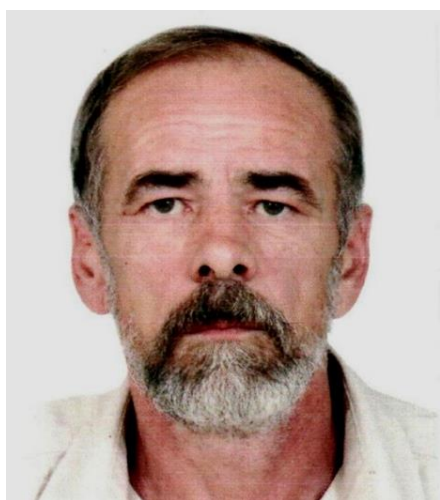


Евгений Александрович Рогожин, к.х.н.

*Руководитель группы защитных пептидов
растений, научный сотрудник Института
биоорганической химии им. академиков
М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН,
г. Москва, Россия*

Научные интересы: протеомика и пептидомика, энзимология, выделение новых антибиотиков, врожденный иммунитет растений, молекулярная микология и фитопатология, молекулярная филогения, паразитология

Название доклада: Разнообразие антимикробных пептидов растений



Василий Иванович Пономарев, д.б.н.

*Заведующий лабораторией лесовосстановления,
защиты леса и лесопользования, ФГБУН
Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург,
Россия*

Научные интересы: лесная энтомология, защита растений, популяционная экология

Название доклада: Вспышки массового размножения насекомых филлофагов: модифицирующие факторы и коммуникационная активность имаго

Секция
«Химические методы защиты растений»

УДК 632.934.1

К. Л. Алексеева, Л. Г. Сметанина

ВНИИ Овощеводства – филиал ФГБНУ «ФНЦО»,
140153, Россия, Московская обл., Раменский район, д. Верея, стр. 500,
alexenleon@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛИПЛАНТА И ФАРМАЙОДА ПРОТИВ СЕРОЙ ГНИЛИ ТОМАТА

Ключевые слова: Силиплант, Фармайод, серая гниль томата.

Серая гниль (возбудитель *Botrytis cinerea*) является одной из наиболее вредоносных болезней томата в условиях защищённого грунта, особенно в теплицах без дополнительного обогрева, где трудно контролировать условия микроклимата. Быстрому распространению болезни способствует высокая влажность воздуха, выпадение конденсата в результате резких перепадов дневных и ночных температур и наличие капельно-жидкой влаги на поверхности растений. Характерные симптомы заболевания проявляются в виде темных порошащих пятен на поверхности стебля, которые постепенно разрастаются и охватывают стебель по окружности. У пораженных растений задерживается рост, снижается продуктивность. Через некоторое время наблюдается поникание верхушки растения, потеря тургора листьями, их пожелтение, увядание, полное усыхание. При отсутствии защитных мероприятий, потери урожая томата от серой гнили могут достигать 40% и более [1].

Против серой гнили томата используют различные методы защиты. В целях профилактики и при невысокой степени поражения растений эффективны биопрепараты на основе штаммов *Trichoderma*, *Bacillus subtilis*. На жёстком инфекционном фоне применяют химические фунгициды (ровраль, свитч, луна транквилити) [2]. Одно из направлений разработки новых подходов и методов в защите растений – применение препаратов на основе активных форм кремния, обладающих антистрессовыми и фунгицидными свойствами [4]. К таким препаратам относится Силиплант, который уже более 10 лет успешно применяют в современных агротехнологиях, как удобрение, содержащее биоактивный кремний и микроэлементы в хелатной форме [5]. Механизм действия Силипланта заключается в том, что кремний повышает механическую прочность растительных клеток и способствует повышению устойчивости растений к поражению фитопатогенами. Наряду с этим кремний оказывает непосредственное влияние на фитопатогены, останавливает их рост [3].

Эффективность применения Силипланта против серой гнили томата изучали в 2018–2019 гг. на базе ВНИИО-филиала ФГБНУ ФНЦО (Московская область, Раменский район) на естественном инфекционном фоне в условиях грунтовой плёночной теплицы. В опыте использовали гибрид томата F1 Островок. Посев семян проводили во второй декаде апреля. Высадку рассады в грунтовую плёночную теплицу осуществляли в третьей декаде мая. Опыт закладывали с использованием стандартных методик по следующей схеме: контроль – без обработки; Свитч, 1 л/га – эталон; Силиплант, 1,0 л/га; Силиплант, 1,0 л/га в сочетании с Фармайодом (0,02%). Обработки проводили путем опрыскивания растений. Расход рабочей жидкости 400 л/га. Степень поражения стебля томата серой гнилью оценивали по 4-х балльной шкале. Повторность опыта 4-х кратная. Площадь опытной делянки 10 м², учетной делянки – 5 м². Как показали проведенные исследования, первые симптомы серой гнили на растениях томата появлялись в 2-ой декаде августа в виде бурых пятен вытянутой формы. В контрольном

варианте без обработок наблюдали активное развитие серой гнили. Пятна на стеблях постепенно увеличивались в размерах, срастались между собой, покрывались обильным порошистым налетом, который представляет собой поверхностный мицелий гриба и его конидиальное спороношение. Под влиянием патогена у пораженных растений замедлялся рост, желтели и увядали листья. Степень развития болезни к концу вегетации составила 23,5%. Результаты учётов представлены в таблице. На вариантах с применением фунгицидов наблюдали замедление темпов распространения болезни, степень её развития к концу вегетации на эталонном варианте составила 5,8%, на вариантах с применением Сили-планта – 7,3% и 8,9%. Лучший результат был получен при обработке растений Силиплантом в сочетании с Фармайодом. На этом варианте опыта степень развития серой гнили была в 3,2 раза меньше, чем в контроле, биологическая эффективность составила 69,2%.

Под воздействием обработок Силиплантом и Силиплантом в сочетании с Фармайодом отмечено достоверное повышение урожайности томата на 14,9–17,6%. На эталонном варианте (химический фунгицид Свитч) этот показатель составил 20,2%.

Таблица

Эффективность кремнийсодержащего удобрения Силиплант против серой гнили томата

Вариант	Степень развития, %	Биологическая эффективность, %	Средняя урожайность, кг/м ²	Прибавка к контролю	
				кг/м ²	%
Контроль	23,5	–	7,4	–	–
Свитч, 1,0 л/га	5,8	75,3	8,9	1,5	20,2
Силиплант, 1,0 л/га	8,9	62,1	8,3	1,1	14,9
Силиплант, 1,0 л/га + Фармайод, 0,02%	7,3	69,2	8,7	1,3	17,6

НСР₀₅

1,2

Таким образом, применение Силипланта в норме расхода 1,0–1,2 л/га в условиях высокого инфекционного фона снижало распространение болезни в теплице. Наиболее эффективную защиту томата от серой гнили обеспечили обработки растений препаратом Силиплант в норме 1,0 л/га с добавлением Фармайода (0,02%). Полученные результаты позволяют заключить, что Силиплант может быть использован, как элемент комплексной системы защиты томата от серой гнили в условиях грунтовых пленочных теплиц.

Список литературы

1. Алексеева К. Л., Сметанина Л. Г. // Защита и карантин растений. 2015. № 12. С. 38–39.
2. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Москва, 2020. Ч. 1. 853 с.
3. Дорожкина Л. А., Габдрахманов И. Х., Хадеев Т. Г. Рекомендации по применению регуляторов роста в технологии выращивания картофеля. Казань, 2012. 48 с.
4. Тараканов И. Г., Паничкин Л. А., Коноваленко И. М., Абрашкина Е. Д. // Картофель и овощи. 2019. № 12. С. 14–16.
5. Янишевская О. Л., Дорожкина Л. А. // Теплицы России. 2007. № 4. С. 38–41.

УДК 632.951

Е. В. Антипов¹, Е. М. Созина²

¹Медицинский университет «Реавиз»,
443001, Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 227,
eugantipov@gmail.com,

²МБОУ «Школа № 154, городского округа Самара»,
443029, Россия, г. Самара, ул. Солнечная, 43

СРАВНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСЕКТИЦИДОВ ПРОТИВ ТЛЕЙ

Ключевые слова: пестициды, инсектициды, имидаклоприд, дифлубензурон, аллицин.

Защита сельскохозяйственных культур от поражения тлями является острой и жизненно важной проблемой. Химические средства защиты растений от вредителей основаны на применении пестицидов. При их использовании необходимо обеспечить достаточную безопасность этих препаратов для человека, домашних животных, культурных растений и полезных насекомых [1, 2].

Исследование проводилось в Волжском районе г. Самары. Пестициды применялись в соответствии с «Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации», требованиями СанПиН 1.2.2584-10, а также рекомендациями о транспортировке, применении и хранении (рекомендациями по использованию, рекомендации по применению) конкретных пестицидов и агрохимикатов [2]. Изучалась биологическая эффективность следующих инсектицидов: 1) «Искра золотая» (имидаклоприд), 2) «Герольд» (дифлубензурон), 3) настой чесночных стрелок, действующим веществом которого служит аллицин, образующийся при механическом разрушении клеток чеснока, 4) зола, состоящая из смеси солей: K_2CO_3 – 18%; $CaCO_3$ – 17%; $CaSiO_3$ – 16,5%; Na_3PO_4 – 15%; $CaSO_4$ – 14%; $CaCl_2$ – 12%; K_3PO_4 – 13%; $MgCO_3$ – 4%; $MgSiO_3$ – 4%; $MgSO_4$ – 4%; $NaCl$ – 0,5% [3]. Процесс приготовления раствора золы с водой включал следующие этапы: 1) сжигание яблоневого и грушевого деревьев; 2) растворение 250 мл древесной золы в 5 л воды и настаивание раствора в течение 12 часов.

Объектами исследования служили тля и кусты черной смородины. Методом опрыскивания заранее подготовленными растворами осуществлялась очаговая обработка четырех кустов одновременно в один и тот же день в семь часов утра в безветренную погоду [2]. Все кусты имели одинаковые условия роста. Все листья на кустах обрабатывали как с верхней, так и с нижней стороны, так как особи тли поражают только нижнюю сторону листа. Для устранения влияния посторонних факторов на гибель тлей в качестве контроля был взят один куст, который не обрабатывался инсектицидами на протяжении всего времени проведения эксперимента. Для оценки биологической эффективности препаратов вычислялся процент снижения численности тлей по отношению к контролю по формуле: $C = 100(A - B)/A$, где (C) – процент снижения численности насекомых, (A) – средняя численность насекомых до обработки, (B) – средняя численность насекомых после обработки.

Через 1 день количество особей на кусте №1, который не обрабатывался препаратами, увеличилось на 2%, через 3 дня на 4%, через неделю – на 10%, через месяц – на 52%, по отношению к численности тлей на данном кусте до начала проведения эксперимента.

Наблюдение показало, что без применения инсектицидов численность тлей возрастает (табл. 1).

Таблица 1

Динамика численности тлей на контрольном кусте смородины, шт.

	Куст № 1 (контроль)
До начала эксперимента	5280
Через 1-е сутки	5390
Через 3-е суток	5500
Через 7 суток	5900
Через 30 суток	10000

Выявлена биологическая эффективность препарата «Искра золотая»: через сутки после обработки кустов черной смородины популяция тлей сократилась на 50%, через 3 дня – на 83%, на 7-е сутки вредители были полностью уничтожены, при этом положительный результат сохранялся больше 30 дней.

Обнаружена биологическая эффективность препарата «Герольд»: спустя сутки после обработки численность тлей уменьшилась на 58%, через 3 дня – на 86%, через 7 дней не наблюдалось ни одного вредителя, как и в последующие 30 дней.

Показана неэффективность применения натуральных инсектицидных средств – раствора золы с водой и настоя чесночных стрелок в борьбе с тлями на черной смородине по сравнению с использованием синтетических пестицидов – «Искра золотая» и «Герольд» (табл. 2).

Таблица 2

Биологическая эффективность инсектицидов

Препарат	Снижение численности тлей, %			
	На 1-и сутки после обработки	На 3-и сутки после обработки	На 7-е сутки после обработки	На 30-е сутки после обработки
«Искра золотая»	50%	83%	100%	100%
«Герольд»	58%	86%	100%	100%
Раствор золы с водой	5%	0%	0%	0%
Настой чесночных стрелок	10%	5%	0%	0%

Список литературы

1. *Попова Л. М.* Химические средства защиты растений: учебное пособие. СПбГТУРП. СПб., 2009. 96 с.
2. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов», разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Ч. 1. Пестициды. М., 2018.
3. *Терентьева Э. П., Удовенко Н. К., Павлова Е. А.* Химия древесины, целлюлозы и синтетических полимеров: учебное пособие. СПбГТУРП. СПб., 2015. Ч. 2. 83 с.

УДК 632.954:579.66

А. А. Далинова, В. Р. Дубовик, А. О. Берестецкий

Всероссийский институт защиты растений,
196608, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 3,
adalinova@vizr.spb.ru

ГЕРБИЦИДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ФИТОТОКСИНОВ *STAGONOSPORA CIRSI* S-47 СТАГОНОЛИДОВ А, J, К И ГЕРБАРУМИНА I

Ключевые слова: фитотоксины, ноненолиды, биорациональные гербициды.

Сорные растения, выработавшие устойчивость к одному или нескольким химическим гербицидам, представляют собой серьезную угрозу для сельского хозяйства [1]. В связи с этим для эффективной борьбы с засоренностью полей современной защите растений требуются химические гербициды с новыми механизмами действия. В качестве прообразов действующих веществ для таких препаратов рассматриваются природные соединения. Примерами успешных действующих веществ на основе аналогов природных соединений являются глюфосинат (синтетический аналог L-фосфинотрицина из *Streptomyces* spp.) и биалофос, а также гербициды трикетоновой группы (структурные родственники лептоспермона из растения *Leptospermum scoparium*) [2].

Фитопатогенный гриб *Stagonospora cirsi* S-47 является продуцентом фитотоксичных 10-членных лактонов (ноненолидов) стагонолидов А, J и К, а также гербарумина I в биотехнологически значимых количествах [3,4]. Известно, что перечисленные фитотоксины проявляют фитотоксическую активность на надколотых листовых дисках осота полевого, бодяка полевого и пырея ползучего [4]. Цель работы заключалась в оценке гербицидного потенциала фитотоксичных ноненолидов *S. cirsi* S-47. Схема исследований включала в себя подбор адьювантов для улучшения проникновения фитотоксинов в растительные ткани, оценку селективности действия гербицидных композиций на растениях различных семейств, а также оценку контактного гербицидного действия на целых растениях осота полевого.

Все исследуемые фитотоксины при добавлении адьюванта Хастен показали активность свыше 5 мм на неповрежденных листовых дисках осота полевого на 5-е сутки после обработки. При оценке селективности действия стагонолид А проявил неселективную фитотоксическую активность в отношении всех тест-растений, в то время как стагонолид К и гербарумин I вызывали появление некротических пятен только на определенных растениях. В целом, зонтичные оказались наименее чувствительны к действию фитотоксинов *S. cirsi* S-47, в отношении других семейств закономерностей выявлено не было.

При опрыскивании целых растений осота полевого растворами фитотоксинов с добавлением 0,5% адьюванта Хастен была отмечена средняя контактная гербицидная активность стагонолида А и гербарумина I. Через 1 неделю после обработки растений стагонолидом А в концентрации 2 мг/мл на поверхности листьев наблюдались некротические повреждения, занимающие до 80% площади листьев. Контактная гербицидная активность гербарумина I была чуть ниже, некротические повреждения занимали до 50% площади листьев. Обработка растений стагонолидом К привела к развитию единичных некротических пятен.

Как и в случае химических гербицидов, вид и концентрация адъюванта, включенного в состав гербицидной композиции, оказывает огромное влияние на эффективность природных фитотоксинов в отношении сорных растений. В дальнейших исследованиях планируется рассмотреть другие масляные адъюванты в качестве добавок к фитотоксинам *S. cirsii* и разработать способы применения этих фитотоксинов в качестве биорациональных гербицидов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-16-00085.

Список литературы

1. *Heap I.* // Pest Management Science. 2014. Vol. 70(9). P. 1306–1315.
2. *Duke S. O., Owens. D. K., Dayan F. E.* // CRC Press. 2019.
3. *Berestetskiy A. O., Dalinova A. A., Dubovik V. R.* RU Patent No. 2701817C1 (1 October 2019).
4. *Dalinova A. A., Dubovik V. R., Chisty L. S. et al.* // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2019. Vol. 67. P. 13040–13050.

УДК 579.67:581.1

М. Дарказанли, И. С. Киселева

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
mdarkazanli@urfu.ru

НОВЫЕ ПРОТОКОЛЫ СТЕРИЛИЗАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ РАСТЕНИЙ (БОБЫ ЧЕРНЫЕ, ГОРОХ И ЯЧМЕНЬ)

Ключевые слова: стерилизация, спирт этиловый, гипохлорит натрия, эндофитные бактерии, культурные растения.

Растения вступают в мутуалистические взаимоотношения с разнообразными видами микроорганизмов. В таких растительно-микробных ассоциациях эндофитные бактерии занимают особое место. Эндофиты играют важную роль для растений-хозяев, продуцируя вещества, которые могут улучшать рост растений, например, фитогормоны, такие как ауксины, цитокинины и гиббереллины, а также вторичные метаболиты, что позволяет растениям проявлять устойчивость к фитофагам, засухе, паразитам, растворять почвенный фосфат и т.д. [1]. Эндофитные бактерии могут повышать устойчивость к болезнетворным микроорганизмам, потребляя ограниченное количество питательных веществ и производя антибиотики [2]. Существует много исследований, которые изучают эндофитные бактерии и их связь с растениями, но до сих пор взаимодействие между ними не до конца ясно [3].

Семена культурных растений (*Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum* и *Hordeum vulgare*) были приобретены в Уральском НИИСХ. Растения выращивали в почве при 25°C, в условиях смешанного освещения (дневной + искусственный). Для выделения эндофитных бактерий сформированные зеленые листья были собраны у 20-дневных нормальных растений без сухих листьев, болезней и насекомых-вредителей.

Для стерилизации и выделения эндофитных бактерий из растительной ткани [4], были использованы разные стерилизующие агенты (таблица):

Таблица

Схема стерилизации

Стерилизующий агент	Продолжительность
70% этанол (E)	1 мин
2% гипохлорит натрия (S)	2 мин
0,2% хлорида ртути (M)	30 сек
70% этанол + 2% гипохлорит натрия (E + S)	Этанол в течение 1 мин + гипохлорит натрия в течение 2 мин
70% этанол + 0,2% хлорид ртути (E + M)	Этанол в течение 1 мин + хлорид ртути в течение 30 с
70% этанол + 2% гипохлорит натрия + 0,2% хлорид ртути (E + S + M)	Этанол в течение 1 мин + гипохлорит натрия в течение 2 мин + хлорид ртути в течение 30 с

Валидация процедуры поверхностной стерилизации проводилась путем культивирования на питательном агаре аликвоты смывов стерильной воды после промывания листьев от стерилизующих растворов. Питательный агар является общей средой для роста эндофитных бактерий, поэтому для их выделения использовали питательную агаровую среду с нистатином (антимикотиком) в концентрации 30 мкг/мл для подавления роста грибы [5].

Наши результаты показали, что при использовании стерилизующих агентов по отдельности экспланты были загрязнены. Обработка стерилизующими агентами 70% этанол + 2% гипохлорит натрия + 0,2% хлорид ртути (E + S + M) была признана эффективной (рисунок) для поверхностной стерилизации и высокого процента выживания эксплантов листьев *P. vulgaris*. При использовании этой комбинации для *P. sativum*, экспланты погибали. Для этого вида растений лучший эффект показывала смесь 70% этанол + 0,2% хлорид ртути (E + M), поскольку она обладала стерилизационным эффектом и увеличивала процент выживания эксплантов. Для поверхностной стерилизации *H. vulgare* наилучшей комбинацией была смесь 70% этанол + 2% гипохлорит натрия (E + S). Тоже результаты в оптимальных условиях показали отсутствие роста микробов на среде для всех образцов.

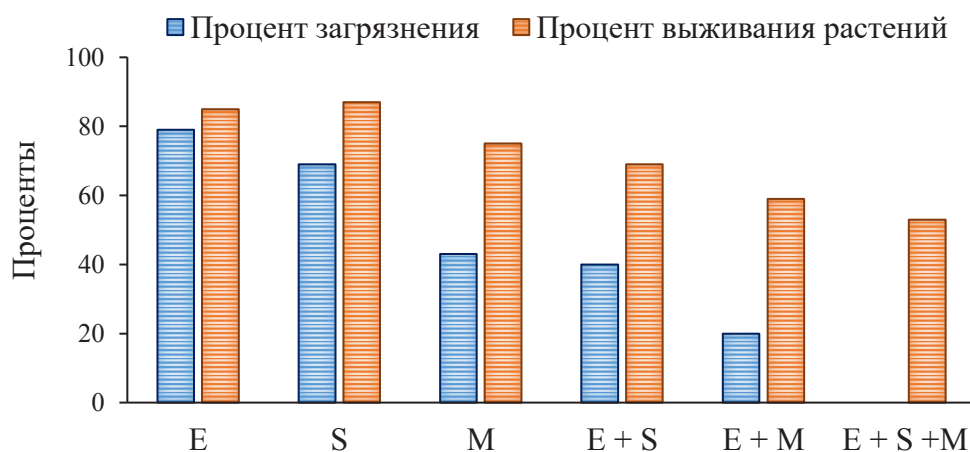


Рисунок. Оптимальные условия для стерилизации поверхности *P. vulgaris*

Результаты показали, что использование таких стерилизующих агентов как 70% этанол (E), 2% гипохлорит натрия (S) и 0,2% хлорид ртути (M) по отдельности не было эффективным. Использование различных комбинаций стерилизующих агентов повышало выживаемость эксплантов на фоне хорошей стерилизации поверхности.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и ДНТ в рамках научного проекта № 19-516-45006 и Министерства науки и высшего образования РФ, соглашение № 02.A03.21.0006.

Список литературы

1. Sturz A. V., Christie B. R., Matheson B. G., Nowak J. // *Biology and Fertility of Soils*. 1997. Vol. 25. P. 9–13.
2. Faeth S. H., Fagan W. F. // *Integrative and Comparative Biology*. 2002. Vol. 42. P. 360–368.
3. Ulrich K., Ulrich A., Ewald D. // *FEMS Microbiology Ecology*. 2008. Vol. 2. P. 169–180.
4. Anjum N., Chandra R. // *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2015. Vol. 8. P. 233–238.
5. Eevers N. M., Gielen A., Sánchez-López S. et al. // *Microbial Biotechnology*. 2015. Vol. 8. P. 707–715.

УДК 632.51

С. С. Домбровская¹, Н. И. Конопля²

¹Луганский государственный педагогический университет,
91011, г. Луганск, ул. Оборонная, 2, кор. 2,
dombrik@list.ru

²Луганский государственный аграрный университет,
91008, г. Луганск, городок Луганского государственного
аграрного университета, корпус 2С – 201,
info-nik@rambler.ru

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО И МЕХАНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ МНОГОЛЕТНИХ СОРНЯКОВ В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД

Ключевые слова: летне-осенний период, сорные растения, контроль, гербициды, обработка почвы.

В течение вегетационного сезона возможности применения различных приемов контроля присутствия сорных растений в полях севооборотов существенно различаются. Подавляющее большинство гербологов считают, что наиболее высокая степень реализации сорными растениями биологических особенностей и экологических факторов происходит в весенний период (до посева, до всходов и после всходов культурных растений) на который планируются и реализовываются различные приемы контроля сорняков [1, 2].

Однако большинство приемов и методов снижения засоренности посевов многолетними сорными растениями в весенний период неприемлемы и неэффективны из-за позднего их развития, ограниченного ассортимента гербицидов и сроков их применения [3].

К тому же способность запасать, сохранять в коревой системе и использовать углеводы в течение длительного периода роста, развития и репродукции обеспечивает многолетним сорным растениям значительные конкурентные преимущества перед другими сорными и культурными растениями [3, 4].

Поэтому эффективность применения гербицидов и других мер в системе контроля многолетних сорных растений зависела от правильного учета динамики углеводного обмена [4, 5].

Кроме этого, продолжительные, теплые осенние периоды и мягкие зимы, установившиеся в последние годы, способствуют массовому появлению и распространению сорных растений, как в посевах озимых культур, так и полях, подготавливаемых под будущие посевы [1, 6].

Целью наших исследований было разработать эффективные приемы оптимизации химического и механического контроля многолетних сорных растений в летне-осенний период.

Полевые опыты были заложены на черноземных почвах агрофирмы «Восток», расположенной на стыке Приазовской слабозасушливой зоны Ростовской области и Крынско-Нагольчанского сельскохозяйственного района Луганской области. Гербициды группы 2,4 Д (Метис, 33% ВР – 1,5 л/га; Балет, 56% КЭ – 0,5 л/га; Диана, 46% ВР – 1,0 л/га) и глифосата (Раундап, 36% ВР – 5,0 л/га; Спрут Экстра, 54% ВР – 3,0 л/га) вносили ранцевым опрыскивателем осенью после уборки предшественника из расчета 200 л/га рабочего раствора.

Контролем служили варианты без гербицидов. Площадь делянок была 80 м², повторность опыта – трехкратная. Эффективность действия гербицидов определяли по показателям плотности сорных растений на контроле и опытных вариантах через 15, 30 и 45 суток после опрыскивания.

Было установлено, что в полевых севооборотах широкое распространение получили такие многолетние сорные растения, как *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Convolvulus arvensis* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey., *Acroptilon repens* (L.) DC., *Sonchus arvensis* L., *Euphorbia virgata* Waldst. et Kit. и др.

Эти сорные растения имели сходный по принципу углеводный обмен, а календарные сроки метаболитных циклов различных видов в осенний период по сравнению с весенним, вследствие уменьшения температуры воздуха, продолжительности светового дня и изменения спектрального состава света, нивелировались. Поэтому наиболее губительным для всех многолетних сорняков было осеннее применение гербицидов. Быстро проявляли фитотоксическое действие гербициды группы 2,4Д. Уже через 5–7 суток надземная часть сорных растений начинала засыхать, а через 12–15 суток отмечалась полная ее гибель, но подземные органы размножения погибали лишь до глубины 15–20 см. Совместное применение этих гербицидов с аммиачной селитрой или мочевиной повышало их эффективность при снижении норм затрат на 20–30%.

Значительно полнее, но медленнее гербицидное воздействие на сорные растения проявляли глифосад содержащие препараты. Полное отмирание надземной части сорняков отмечалось через 30–35 суток, а полная гибель растений – через 40–45 суток.

Весьма эффективным в системе контроля многолетних сорных растений было сочетание дискования почвы и гербицидов. При подготовке почвы дисковыми орудиями корни и корневища многолетних сорных растений измельчались на отрезки длиной 5–10 см. Короткие сегменты их дружно прорастали, но были ослаблены к детоксикации гербицидов, которые в них проникали после опрыскивания розеток. Гибель сорняков при опрыскивании их гербицидами без повышения норм применения достигала 79–86%. Самая высокая эффективность системы контроля многолетних сорных растений достигалась от применения дискования и опрыскивания сорных растений в фазе розетки гербицидом Спрут Экстра – 3,0 л/га.

Список литературы

1. Курдюкова О. Н., Конопля Н. И. Семенная продуктивность и семена сорных растений: монография. СПб.: Свое издательство, 2018. 200 с.
2. Циков В. С., Матюха Л. А. Сорняки: вредоносность и система защиты. Днепропетровск: ЭНЕМ, 2016. 86 с.
3. Курдюкова О. Н., Конопля Н. И. // Защита и карантин растений. 2014. № 2. С. 39–40.
4. Дорожкина Л. А., Денисенко А. И., Рыбина В. Н. Гербициды и регуляторы роста растений. Луганск: ФЛП Пальчак, 2017. 252 с.
5. Курдюкова О. Н., Тыщук Е. П. // Защита и карантин растений. 2017. № 12. С. 16–18.
6. Курдюкова О. Н. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 2. С. 76–81.

УДК 633.853.52:661.162.2

**В. В. Епифанцев, А. Н. Панасюк,
Я. А. Осипов, Ю. А. Вайтехович**

*Дальневосточный научно-исследовательский институт
механизации и электрификации сельского хозяйства,
675027, Россия, г. Благовещенск, ул. Василенко, 5,
viktor.iepifantsiev.59@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ СМЕСЕЙ ГЕРБИЦИДОВ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ СОРНЯКОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ В ПРИАМУРЬЕ

Ключевые слова: гербицид, сорняки, соя, урожайность, Приамурье.

Потери урожая сои от 0,12 до 1,03 т/га связаны с большой засоренностью полей. Наиболее вредоносны малолетние и многолетние сорняки верхнего яруса – осот (*Sónchus arvénsis* L., familia *Asteraceae*), бодяк (*Cirsium arvense* L., familia *Asteraceae*), щирица запрокинутая (*Amaránthus retrofléxus* L., familia *Amaranthus*) и другие. Динамика численности сорняков зависит от многих факторов, в том числе от обработок гербицидами. Аграриям предлагают большой ассортимент гербицидов, различающихся по эффективности, спектру действия и т. д., но многие из них требуют изучения в местных условиях [1].

Нами были изучены различные смеси почвенных гербицидов и гербицидов по вегетации – Гардо Голд, КС, Корум, ВРК, Алгоритм, КЭ, Хармони, СТС, Базагран, ВР, Галактион, КЭ, Глобал, ВР, Тактик, ВРК, Фюзилад Форте, КЭ, Комманд, КЭ, Пропонит, КЭ Хармони, Классик, ВДГ, Пульсар, ВР, Анаконда, КЭ, Атон, ВДГ, Бентус, ВР, Легат, КЭ, Контадор, ВРК, Фабиан, ВДГ. Опыт включал восемь вариантов смесей почвенных и гербицидов по вегетации растений сои, контролем был вариант без обработки гербицидом.

Предшественник – чистый пар. Осенью почву обрабатывали бороной БДМ 4. Весной – культиватором КПС 4, перед посевом почву боронили БЗСС-6, затем прикатывали КВНУ-10. Семена протравливали препаратом Максим Голд, КС (д. в. – 25 г/л Флудиоксонил + 10 г/л Мефеноксам, х. к. – Фенилпиролы + Прочие вещества), норма расхода 1,25 – 1,5 мл/л, расход рабочей жидкости – 6–8 л/т. Посев семян сои проводили сеялкой СЗ-5,4 – 17.05. Сорт – Умка. Норма высева – 800 тыс. всхожих семян на 1 га. Глубина заделки семян – 4–5 см. Посевы обрабатывали до всходов – 19.05, в фазу 2–3 настоящего листа – 21.06 и бутонизации – начала цветения – 19.07. Использовали опрыскиватель JAR-MET 800 л, ширина захвата 12 м. Расход рабочей жидкости для почвенных гербицидов - 200 л/га, по вегетации – 200 л/га, фунгицидов (Оптимо, КЭ д. в. – 200 г/л, Пиракlostробин, х. к. – Стробилурины, норма расхода 0,5 л/га) с гербицидами по вегетации – 300 л/га. Даты проведения учетов – до обработки – 16.05; 19.06; 17.07, после обработки – 30.05; 17.06; 28.06; 12.07; 26.07; 9.08. Уборку урожая проводили комбайном Сампо-500. Урожай с каждой делянки взвешивали. Площадь учетной делянки – 1200 м². Повторность – 3-х кратная, размещение делянок систематическое. Данные обрабатывали методом дисперсионного анализа.

Наименьшее число сорняков перед уборкой сои было в варианте обработки почвенным гербицидом Гардо Голд, КС – 4 л/га и по вегетации смесью гербицидов Фабиан, ВДГ – 0,1 кг/га + Базагран, ВР – 1,5 л/га – 12,9 шт./м². В зависимости от погодных условий эффективность применения препаратов на посевах сои различалась. Как видно из таблицы наибольшую

урожайность 2,52 т/га посева сои обеспечили в среднем за два года при обработке после посева смесью гербицидов Алгоритм, КЭ – 0,6 л/га + Анаконда, КЭ – 1,3 л/га и по вегетации Атон, ВДГ – 0,006 кг/га + Бентус, ВР – 2,3 л/га + Легат, КЭ – 0,6 л/га + Контадор, ВРК – 0,2 л/га.

Таблица

Влияние смесей гербицидов на динамику численности сорняков и урожайность сои

Гербицид, норма расхода	Число сорняков, шт./м ²				Урожайность, т/га
	май	июнь	июль	август	
Контроль – без обработки	148,8	148,8	148,8	148,8	1,45
Гардо Голд, КС – 4 л/га + Корум, ВРК – 1,8 л/га	25,4	23,3	28,1	21,3	2,45
Алгоритм, КЭ – 0,4 л/га + Тактик, ВРК – 0,6 л/га + Хармони, СТС – 0,008 кг/га + Глобал, ВР – 0,8 л/га + Базагран, ВР – 2,5 л/га + Галактион, КЭ – 0,9 л/га	64,6	64,6	48,1	39,4	1,64
Комманд, КЭ – 0,6 л/га + Пропонит, КЭ – 2 л/га + Хармони Классик, ВДГ – 0,025 кг/га + Пульсар, ВР – 0,75 л/га	79,6	79,6	64,4	47,4	2,51
Алгоритм, КЭ – 0,6 л/га + Анаконда, КЭ – 1,3 л/га + Атон, ВДГ – 0,006 кг/га + Бентус, ВР – 2,3 л/га + Легат, КЭ – 0,6 л/га + Контадор, ВРК – 2 л/га	57,5	57,5	44,4	36,7	2,52
Гардо Голд, КС – 4 л/га + Фабиан, ВДГ – 0,1 кг/га + Базагран, ВР – 1,5 л/га	37,9	33,2	48,1	12,9	2,49
НСР ₀₅ , т/га	2018 году = 0,15		2019 году = 0,18		

Таким образом, все изучаемые гербициды снижают засоренность посевов сои в 2,13 – 10,9 раз. Существенно и закономерно повышается урожайность сои на 0,19 – 1,07 т/га при обработке посевов сои смесью гербицидов. В среднем за два года при обработке после посева смесью гербицидов Алгоритм, КЭ – 0,6 л/га + Анаконда, КЭ – 1,3 л/га и по вегетации Атон, ВДГ – 0,006 кг/га + Бентус, ВР – 2,3 л/га + Легат, КЭ – 0,6 л/га + Контадор, ВРК – 0,2 л/га получена наибольшая урожайность – 2,52 т/га.

Работа выполнена по теме НИОКТР № 0818-2019-0005-02 ФГБНУ ДальНИИМЭСХ.

Список литературы

1. Баздырев Г.И., Лошаков В.Г., Пупонин А.И. и др. Земледелие / Под ред. А. И. Пупонина. М.: КолосС, 2002. 552 с.
2. Асеева Т. А., Киселев Е. П. Основы агрономии и технологии возделывания сельскохозяйственных культур на российском Дальнем Востоке. Хабаровск: ПРИАБ. 2011. 318 с.
3. Храмой В. К., Сихарулидзе Т. Д., Рахимова О. В., Гуреева Е. В. // Земледелие. 2020. № 2. С. 36–38.
4. Бутовец Е. С., Красковская Н. А., Даниленко И. Н. // Земледелие. 2020. № 4. С. 26–28.
5. Спиридонов Ю. Я., Протасова Л. Д., Ларина Г. Е. // Защита и карантин растений. 2004. № 10. С. 18–19.
6. Борин А. А., Лощинина А. Э. // Защита и карантин растений. 2019. № 6. С. 15–17.
7. Крылова Т. С., Дубровин А. Н., Дорожжина Л. А. // Земледелие. 2020. № 4. С. 33–36.
8. Воронцов В. А., Скорочкин Ю. П. // Защита и карантин растений. 2019. № 7. С. 26–29.
9. Epifantsev V. V., Panasyuk A. N., Osipov Y. a A., Vaitekhovich Yu. A. // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. Vol. 9(1). P. 1451–1455.

УДК 630*164.4:630*232.318

М. В. Ермакова

*Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Ботанический сад
Уральского отделения Российской академии наук,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
M58_07E@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ СТВОЛОВ У МОЛОДЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) НА ФОРМИРОВАНИЕ ИХ РЕПРОДУКТИВНОЙ СФЕРЫ

Ключевые слова: сосна, деформации стволов деревьев, шишки.

Все особенности формирования и роста молодых насаждений оказывают влияние процесс формирования их репродуктивной сферы. Как было показано [1], после гибели терминальной почки или побега, в процессе регенерации у молодых деревьев сосны формируются два основных вида деформаций ствола: **I** – погибший центральный побег заменяется на боковой побег с последующей переориентацией его в вертикальном направлении; **II** – формирование двух и более стволов.

Процессы посттравматической регенерации стволов сосны обыкновенной контролируются генетически закрепленной программой развития, которая в свою очередь, контролирует баланс углерода минеральных элементов и фитогормонов, расходуемых на восстановительные процессы [2, 3]. Естественно предположить, что процессы регенерации могут, в определенной степени оказывать влияние и на другие процессы в формирующихся насаждениях. К таким процессам относится, в частности, и формирование репродуктивной сферы. Ранее, проведенный нами анализ сопряженного распределения по соответствующим ранговым классам и установленным основным группам с посттравматическими деформациями (Ермакова, 2014), показал, что значительное количество таких деревьев и в дальнейшем будет сохраняться в общей структуре древостоев сосны, в том числе и среди наиболее крупных деревьев, и соответственно, вносить соответствующий вклад в их общую репродуктивность.

Однако, практически отсутствуют сведения о влиянии на формирование репродуктивной способности сосны после механического повреждения и последующей регенерации стволов деревьев.

Известно, что полностью репродуктивная сфера у сосны формируется и начинает полноценно функционировать в более позднем возрасте, начиная с 40–50 лет [4]. Тем не менее, первые шишки с семенами появляются в более раннем возрасте, примерно в 8 лет. Поэтому даже у молодых деревьев возможно оценить влияние повреждений ствола на начальные параметры формирования репродуктивной сферы, например, на характеристики шишек и семян.

Исследования проводились на участках естественных и искусственных молодых насаждений сосны на территории Средне Уральского таежного района в пределах Свердловской области. В молодых насаждениях сосны отбиралось не менее 50 деревьев с определенным видом деформации ствола. Предварительный подбор деревьев проводился летом, а сбор шишек проводился зимой.

Первоначальное визуальное обследование деревьев в молодых насаждениях сосны, показало, что образование на них шишек с семенами происходит неравномерно. Примерно у 20 процентов деревьев полностью не наблюдалось шишек. У остальных, независимо от наличия деформации ствола, отмечалось от 3 до 28 шишек.

Анализ данных полученных при изучении характеристик формирования репродуктивной сферы показал (таблица), что деревья с разными видами деформаций сосны не отличаются значительными отклонениями (при $p \leq 0,05$) в параметрах шишек и семян

Таблица

Параметры шишек у деревьев в молодняках сосны

Показатель	Среднее ($M \pm m$)*			
	по видам деформаций			
	0	I	II	I+II**
Длина шишки, мм	39,0 ± 0,58	40,1 ± 0.63	38,5 ± 0,55	38,5 ± 0,55
Ширина шишки, мм	20,8 ± 0,43	21,8 ± 0.32	21,4 ± 0,34	21,4 ± 0,34
Отношение длины к ширине шишки	1,9 ± 0,04	1,9 ± 0.09	1,8 ± 0,03	1,8 ± 0,03
Количество семенных чешуй на 1-й шишке, шт.	62,4 ± 1,26	6,0 ± 0.58	65,5 ± 1,15	65,5 ± 1,15
Длина щитка семенной чешуи, мм	7,5 ± 0,15	8,1 ± 0.13	7,7 ± 0,11	7,7 ± 0,11
Ширина щитка семенной чешуи, мм	6,9 ± 0,13	7,9 ± 0.13	7,2 ± 0,11	7,2 ± 0,11
Масса 1-й шишки, г	5,5 ± 0,18	5,7 ± 0.19	5,8 ± 0.15	5.8 ± 0.15

* M – среднее, m – ошибка среднего;

** Деформации I и II видов.

Таким образом, сохранение в структуре деревьев, в молодом возрасте прошедших процессы травматического повреждения-посттравматической регенерации вероятнее всего, в дальнейшем, не будет представлять угрозы для формирования и функционирования репродуктивной сферы насаждений.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

Список литературы

1. Ермакова М. В. // Вестник ПГТУ. Серия «Лес. Экология. Природопользование». 2014. № 2. С. 36–45.
2. Bryant J. H, Stuart F. S., Klein D. R. // Oikos. 1983. Vol. 40(3). P. 357–368.
3. Honkanen T. // Functional Ecology. 1994. Vol. 8(5). P. 631–639.
4. Санников С. Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М.: Наука, 1992. 264 с.

УДК 630.416.19:630.468

М. В. Ермакова

*Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Ботанический сад
Уральского отделения Российской академии наук,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
M58_07E@mail.ru*

ДЕФОРМАЦИИ СТВОЛОВ МОЛОДЫХ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)

Ключевые слова: сосна обыкновенная, повреждения стволов деревьев, виды деформаций, влияние рекреации.

Особенность современного этапа возобновления и формирования лесов заключается в том, что, помимо влияния многочисленных естественных абиотических и биотических факторов окружающей среды, молодняки хвойных пород, даже в районах эксплуатационного назначения подвергаются интенсивному повреждению, в результате неконтролируемой рекреации [1–2].

Установлено, что процесс посттравматической регенерации поврежденных деревьев в результате гибели центрального побега или центральной почки) представляет собой сложный многоступенчатый процесс [3–6]. Также, в результате многолетних исследований, нам удалось идентифицировать и классифицировать основные виды посттравматических деформаций стволов молодых деревьев сосны [4], которые могут идентифицироваться как метки повреждений.

Распределение деревьев сосны по группам деформаций (табл. 1), прежде всего, показало, что наиболее высокая доля деревьев не имеющих признаков повреждений была на участках, где отсутствовали признаки рекреационной деятельности.

Таблица 1

Распределение деревьев по видам деформации стволов

Характеристика участков по признакам рекреации	Доля от общего количества деревьев, %				
	Без повреждений	Недавно сломанные	С деформациями ствола (по видам деформации)		
			I	II	I+II*
Отсутствуют тропинки, минерализация поверхности почвы менее 1%	68,5-80,5	1,0-2,1	15,5-19,8	1,0-2,7	3,0-7,9
Присутствуют 1–2 тропинки, минерализация поверхности почвы от 1 до 5%	42,9-61,8	3,5-4,8	30,3-36,9	3,2-7,9	7,2-8,5

* Деформации I и II вместе.

В свою очередь, на участках с признаками рекреационной деятельности, отмечена более высокая доля как свежесломанных деревьев, так и имеющих посттравматические деформации ствола. Особенно это заметно по доле деревьев двумя и более стволиками. Таким образом, можно отметить, что даже незначительная рекреационная активность привела к значительным негативным последствиям.

Подтверждением влияния даже незначительной рекреационной активности может служить также увеличение количества деформаций как по отдельным видам, так и в целом, в среднем на 1 дерево. На участках, где отсутствовали признаки рекреации эти показатели оказались существенно ниже при уровне значимости $p \leq 0.05$, чем аналогичные показатели для участков, затронутых рекреацией.

Таблица 2

Среднее количество деформаций ствола на 1 дерево

Характеристика участков по признакам рекреации	По видам деформаций		
	I	II	I+II
Отсутствуют тропинки, минерализация поверхности почвы менее 1%	1,9 ± 0,10	1,1 ± 0,08	1,2 ± 0,10
Присутствуют 1–2 тропинки, минерализация поверхности почвы от 1 до 5%	2,6 ± 0,12	1,5 ± 0,10	1,6 ± 0,12

В представленных результатах исследований показано, что деформации ствола молодых деревьев сосны, может служить достаточно чувствительным индикатором проявления рекреационной деятельности даже на начальных этапах.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

Список литературы

1. Цветков П. А., Куришева Д. А. // Хвойные бореальной зоны. 2004. Вып. 2. С. 61–65.
2. Wimpey J. F., Marrion L. // Journal of Environmental Management. 2010. Vol. 91. P. 2029–2037.
3. Heikkilä R., Löytynimi K. // Silva Fennica. 1992. Vol. 26. № 1. P. 19–26.
4. Ермакова М. В. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 4. С. 34–41.
5. Buckley G., Slater D., Ennos A. R. // Arboricultural Journal. 2015. Vol. 37(2). P. 99–112.
6. Slater D., Ennos A. R. // Trees. 2013. Vol. 27(6). P. 1515–1524.

УДК 632.952

Т. А. Калинина¹, В. И. Баландина¹, В. В. Герман¹,
К. Л. Обыденнов¹, Т. В. Глухарева^{1,2}

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28,
t.a.kalinina@urfu.ru,

²Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского, УрО РАН,
620990, Россия, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской/Академическая, 20/22

СИНТЕЗ И ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ АМИДОВ 1,2,3-ТИАДИАЗОЛИЛ- И 2,3-ДИХЛОРИЗОТИАЗОЛИЛКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Ключевые слова: фунгицидная активность, системная устойчивость растений, фитопатогенные грибы, 1,2,3-тиадиазол, изотиазол, ацилаланины, амиды, анилины.

До 80% потери урожая сельскохозяйственных растений связана с грибковыми заболеваниями растений. Использование фунгицидов для защиты растений не всегда является эффективным из-за распространения резистентности у фитопатогенных грибов. Перспективными средствами защиты растений являются элиситоры, индуцирующие системную устойчивость растений (СПУ) [1] к патогенам. Объединение в одной молекуле структурных фрагментов, ответственных за различные виды активности, позволит получить соединения, потенциально способные проявлять двойное действие и защищать растение комплексно.

Целью работы являлся синтез комбинированных молекул (рис. 1), содержащих 1,2,3-тиадиазол-5-ил или 3,4-дихлоризотиазол-5-ил карбонильные фрагменты (остатки синтетических активаторов системной устойчивости растений изотианила и тиадинала), а также фрагмент *N*-арилаланина (токсофорную группу ацилаланиновых фунгицидов, например, фуралаксила и металаксила).

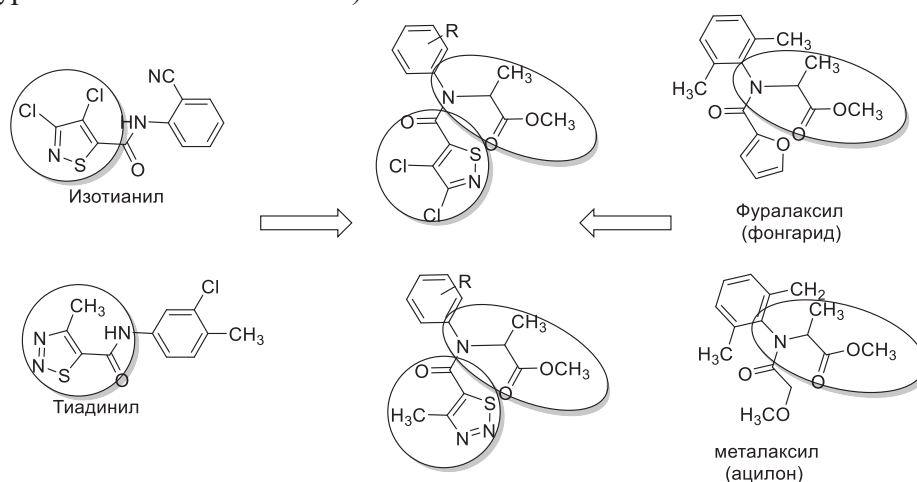


Рисунок 1. Синтез комбинированных молекул

Производные анилина **1a-d** алкилировали метил-2-хлорпропионатом в присутствии йодида калия и карбоната калия в сухом ДМФА. Синтез целевых соединений (рис. 2)

проводили *N*-ацилированием соединений **3a-d** хлорангидридом 4-метил-1,2,3-тиадиазол-5-илкарбоновой кислоты или 3,4-дихлоризотиазол-5-илкарбоновой кислоты в присутствии триэтиламина в сухом бензоле.

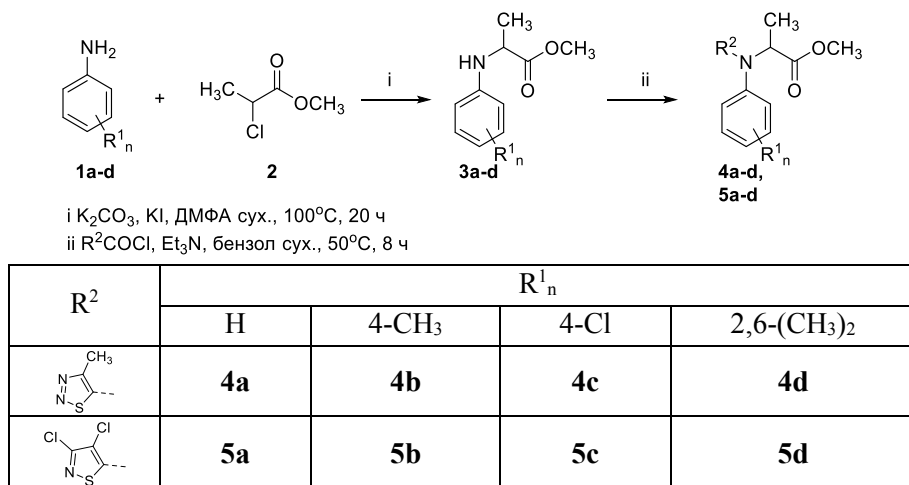


Рисунок 2. Синтез целевых (**4a-d** и **5a-d**) соединений

Для полученных соединений **4a-d** и **5a-d** *in vitro* была исследована фунгицидная активность в отношении 7 штаммов фитопатогенных грибов методом подавления грибка [2]. Вещества (в-ва) были изучены в концентрации 0,1 мг/мл. Полученные данные представлены в таблице. Наибольшую активность проявили производные 2,3-дихлоризотиазола **5a-c**, в отношении *B. cinerea*, *R. solani* и *S. sclerotiorum*.

Таблица

Степень ингибирования роста грибов для соединений **4a-d** и **5a-d**

В-ва	A.s.	B.c.	C.c.	F.s.	P.i.	R.s.	S.s.
4a	19,19±1,44	16,99±1,88	11,61±0,80	5,56±1,63	7,44±1,58	37,63±0,41	13,15±4,22
4b	14,08±0,60	33,78±1,78	16,56±1,40	2,10±1,24	10,13±0,94	32,47±3,71	15,13±5,62
4c	13,54±2,54	50,60±1,42	31,01±1,82	6,17±0,74	14,62±1,30	20,62±1,02	22,01±6,30
4d	10,60±1,70	33,09±2,49	14,71±1,41	12,82±0,25	8,06±0,50	30,88±0,74	15,42±0,79
5a	37,08±0,23	69,11±0,53	33,06±0,97	18,59±0,90	33,44±1,75	68,43±1,16	61,60±1,74
5b	33,22±0,39	55,20±0,69	33,16±0,95	17,54±0,21	34,15±1,32	59,38±1,09	58,04±0,95
5c	38,14±1,13	65,62±0,76	29,24±0,60	20,15±1,10	35,64±0,57	67,44±1,92	60,01±1,10
5d	17,95±0,59	35,80±3,56	7,77±1,41	3,22±2,09	13,79±3,80	29,66±1,47	23,38±2,37

A.s. – *Alternaria solani*; B.c. – *Botrytis cinerea*; C.c. – *Colletotrichum coccodes*; F.s. – *Fusarium solani*; P.i. – *Phytophthora infestans*; R.s. – *Rhizoctonia solani*; S.s. – *Sclerotinia sclerotiorum*.

Таким образом, были получены новые соединения, объединяющие в своей структуре фрагменты синтетических активаторов СПУ растений и фунгицидов группы ацилаланинов и исследована их фунгицидная активность. В дальнейшем планируется определить полумаксимальную ингибирующую концентрацию для наиболее активных соединений **5a-c**, а также изучить способность полученных веществ стимулировать СПУ растений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-316-20018.

Список литературы

1. Bektas Y., Eulgem T. // *Frontiers in Plant Science*. 2015. Vol. 5. 804.
2. Obydenov K. L., Khamidullina L. A., Galushchinskiy A. N. et al. // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018. Vol. 66. P. 6239–6245.

УДК 632.952

Т. А. Калинина¹, В. В. Герман¹, М. А. Яшная¹,
К. Л. Обыденнов¹, Н. А. Галиева¹, Т. В. Березкина¹,
В. А. Бакулев¹, Т. В. Глухарева^{1,2}

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28,
t.a.kalinina@urfu.ru

²Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского, УрО РАН,
620990, Россия, г. Екатеринбург, ул. С. Ковалевской/Академическая, 20/22

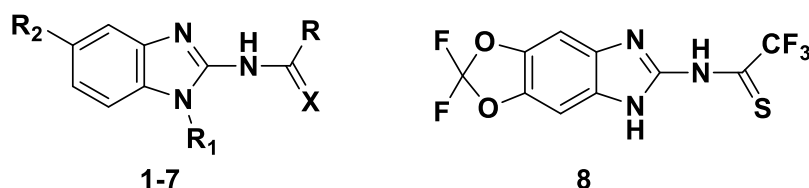
ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНГИЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ БЕНЗИМИДАЗОЛОВ НА ЛИСТЬЯХ ОГУРЦА И РАПСА

Ключевые слова: *Brassica napus*, *Cucumis sativus*, бензимидазол, фунгицидная активность.

Поиск новых высокоэффективных фунгицидов для защиты растений от грибковых заболеваний остается актуальной задачей из-за распространения резистентности фитопатогенных грибов к фунгицидным препаратам. В сельском хозяйстве для защиты зерновых, плодовых и овощных культур в настоящее время широко применяются фунгициды – производные бензо[*d*]имидазола, например, такие как карбендазим, беномил, тиабендазол, фуберидазол [1].

С целью поиска новых фунгицидов в ряду бензо[*d*]имидазолов нами изучена биологическая активность ряда бензо[*d*]имидазол-2-илкарбоксамидов и бензо[*d*]имидазол-2-илкарботиоамидов [2]. Были обнаружены соединения, проявляющие высокую фунгицидную активность *in vitro* в отношении 13 штаммов грибов, а также определены значения полумаксимальных эффективных концентраций наиболее активных веществ.

Проведены испытания фунгицидной активности веществ 1–8 (рис. 1) на листьях *Cucumis sativus* L. и *Brassica napus* L. Для данного исследования использовалась модифицированная нами описанная в литературе методика [3].



X: O (1, 3), S (2, 4-7);

R: Ph (1-2, 6), thien-2-yl (3), 2,4-Cl₂C₆H₃ (4-5), 4-methyl-1,2,3-thiadiazol-5-yl (7)

R¹: H (1-4, 6-7); CH₃ (5)

R²: H (1-5, 7), CO₂Et (6)

Рисунок 1. Производные бензо[*d*]имидазола (1–8)

Оценка результатов проводилась измерением площади некротических пятен на листьях на 5 сутки. В таблице представлены результаты расчета процента ингибирования поражения листьев относительно контроля (листья, обработанные стерильной водой).

Таблица

Процент ингибирования заражения на листьях огурца и рапса,
обработанных производными бензо[*d*]имидазола (1–8)

Вид гриба	Соединения							
	1	2	3	4	5	6	7	8
На листьях <i>Cucumis sativus</i> L.								
<i>Plenodomus lingam</i>	26,25	30,63	73,41	71,72	0	52,82	61,54	78,18
<i>Botrytis cinerea</i>	84,55	0	100	51,17	0	16,15	40,23	0
<i>Alternaria brassicicola</i>	23,92	18,46	0	35,69	38,29	33,61	45,50	0
На листьях <i>Brassica napus</i> L.								
<i>Plenodomus lingam</i>	40,82	24,97	16,41	32,74	24,13	29,5	49,49	9,57
<i>Sclerotinia sp. Fuckel</i>	60,7	11,59	18,03	24,83	4,94	26,25	44,28	0

Было отмечено, что большинство из изученных соединений ингибирует поражение листьев огурца *P. lingam*. Наилучшие результаты были получены для соединения 7, содержащего 1,2,3-тиадиазольный заместитель. Показано, что это вещество препятствует развитию заболевания на листьях обоих видов растений в отношении всех исследуемых фитопатогенов (рис. 2).

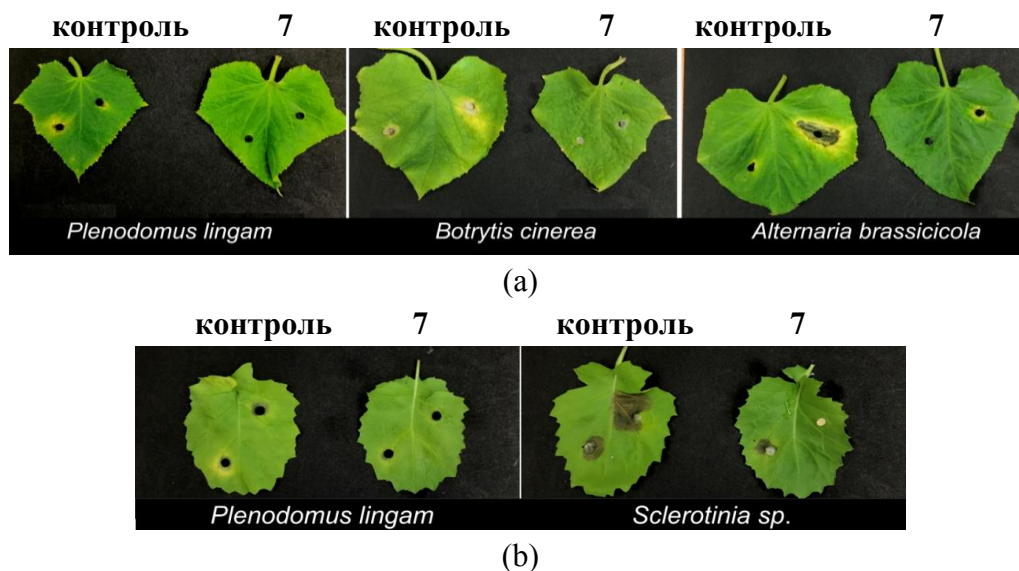


Рисунок 2. Листья огурца (а) и рапса (б), зараженные фитопатогенными грибами в контроле (вода) и после обработки раствором соединения 7

На основании полученных данных на листьях огурца и рапса, а также данных оценки фунгицидной активности *in vitro* (вещество не проявляет высокой фунгицидной активности) можно сделать предположение, что соединение 7 стимулирует системную устойчивость растений. Однако необходимо проведение дальнейших исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-316-20018.

Список литературы

1. Raghunath M., Viswanathan C. L. // International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2014. Vol. 6. P. 17–25.
2. Rupakova N. A., Bakulev V. A., Knippschild U. et al. // Arkivoc. 2017. Vol. 2017. P. 225–240.
3. Yan W., Wang X., Li K. et al. // Pesticide Biochemistry and Physiology. 2019. Vol. 156. P. 160–169.

УДК 632.934:632.952:632.98

**М. А. Кузнецова, И. А. Денисенков, А. Н. Рогожин,
Т. И. Сметанина, В. Н. Демидова, Н. В. Стацюк**

*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
143050, Россия, Московская область,
р. п. Большие Вяземы, ул. Институт, вл. 5,
mari.kuznetsova@gmail.com*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ ОТ АЛЬТЕРНАРИОЗА В УСЛОВИЯХ ЭПИФИТОТИИ

Ключевые слова: *Alternaria solani*, картофель, альтернариоз, фунгициды, схемы защиты.

В последние годы альтернариоз картофеля, вызываемый патогенным комплексом грибов рода *Alternaria*, становится серьезной проблемой для картофелеводов средней полосы России. Основным методом контроля болезни является химическая защита. Однако современная мировая практика защиты картофеля от болезней предусматривает обработки полей преимущественно фунгицидами, предназначенными для подавления фитофтороза и зачастую неэффективными против *Alternaria* [1]. Своевременная обработка картофельных посадок чередующимися специфичными для альтернариоза фунгицидами с различным механизмом действия чрезвычайно важна для обеспечения надлежащей защиты растений. Особенно важен правильный выбор фунгицидов и сроков их применения. Однако публикации по сравнительной оценке различных фунгицидов и их комбинирования в схемах защитных обработок против альтернариоза, а также по определению оптимальных сроков их проведения в умеренной климатической зоне отсутствуют. Целью данного исследования стала оценка биологической эффективности некоторых фунгицидов и схем их применения в условиях искусственного эпифитотийного инфекционного фона.

Эксперимент был проведен в 2019 г. в полевых условиях с использованием восприимчивого к альтернариозу сорта картофеля Удача и искусственного инфекционного фона (уровень эпифитотии), обеспеченного путем внесения на поле инокулюма – зерен ячменя, искусственно зараженных *A. solani* [2]. Погодные условия сезона были благоприятными для развития альтернариоза. Опыт проводили на фоне защитных обработок от фитофтороза фунгицидами, не подавляющими рост *A. solani*. В качестве контроля использовали вариант, в котором растения обрабатывали только такими фунгицидами. Защитные обработки от альтернариоза включали применение таких фунгицидов как Ревус Топ (0,6 л/га, д.в. мандипропамид + дифеноконазол), Сигнум (0,3 кг/га, д.в. боскалид + пиракlostробин) и пенкоцеб (1,6 кг/га, д.в. манкоцеб) в 8 различных комбинациях и последовательностях применения.

Оцениваемые параметры включали: степень развития болезни (AUDPC), биологическую эффективность схем защиты, урожайность и % товарной фракции клубней.

Все исследуемые варианты защитных обработок продемонстрировали в той или иной степени подавление развития альтернариоза на растениях. В зависимости от варианта, значения AUDPC варьировали от 50 до 980 (1670 в контроле; рисунок, А), а биологическая эффективность схем защиты – от 41 до 97%. Урожайность картофеля в оцениваемых

вариантах составила 47,5–57,5 т/га (42,1 т/га в контроле), а товарность клубней – 86–95% (78% в контроле, рисунок, Б).

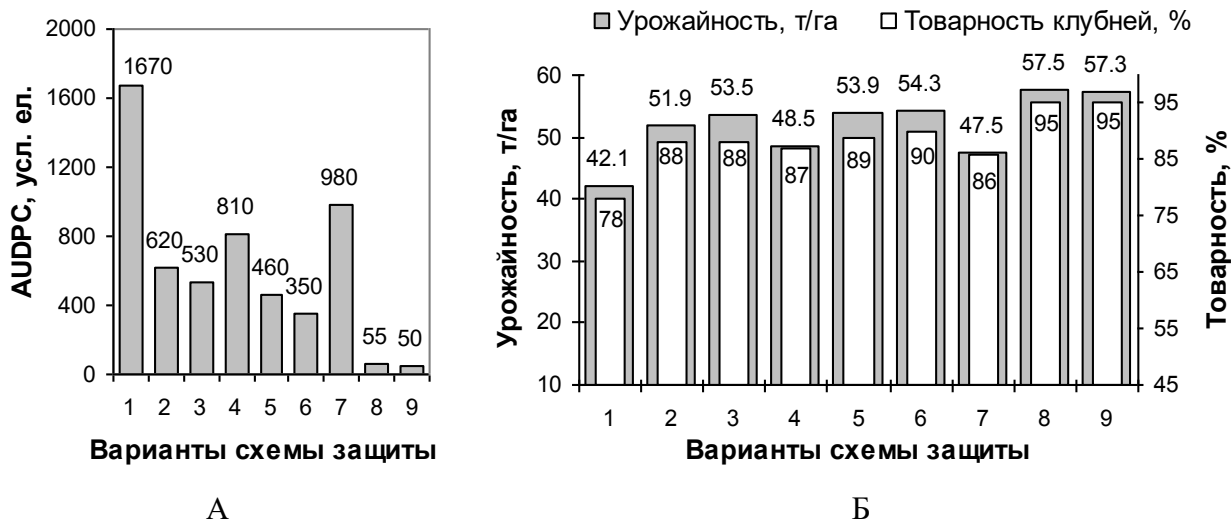


Рисунок. А – Уровень развития альтернариоза в оцениваемых вариантах защиты картофеля. Б – Влияние различных схем защиты на урожайность и товарность картофеля. Контроль – вариант 1

Наименьшая биологическая эффективность (52 и 41%) была отмечена в вариантах 4 и 7, включающих двукратное применение пенкоцеба, что может объясняться более низкой его дождеустойчивостью и, возможно, недостаточностью стандартной рекомендованной дозировки применения в эпифитотийных условиях. Наилучшие результаты (биологическая эффективность 96 и 97%) были получены в вариантах, предусматривавших три (вар. 8 – обработки Ревус Топ, Пенкоцеб, Сигнум) или четыре (вар. 9 – те же обработки + дополнительная предварительная обработка препаратом Сигнум в фазу активного роста растений) последовательных обработки против альтернариоза, проведенных с интервалом 9–10, начиная с фазы цветения и до 25-го дня перед уборкой урожая. Поскольку результаты для данных вариантов были близки между собой, сделан вывод о нецелесообразности проведения дополнительной ранней обработки растений Сигнумом. Для практического применения в условиях эпифитотии рекомендовано проведение последовательной трехкратной обработки против альтернариоза препаратами Ревус Топ, Пенкоцеб и Сигнум.

Работа выполнена в рамках государственного задания (тема № 0598-2019-0003).

Список литературы

1. Abuley I. K., Nielsen B. J., Labouriau R. // Plant Pathology. 2018. Vol. 67. P. 315–326.
2. Protocol for the artificial inoculation with *A. solani* in field trials (with infected kernels). [Электронный ресурс] URL: https://euroblight.net/fileadmin/euroblight/Alternaria/Protocols/Alternaria_solani_field_inoculation_kernels_2015.pdf (дата обращения: 30.08.2020).

УДК 632.954:633.15

О. Н. Курдюкова

*Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина,
196605, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин,
Петербургское шоссе, 10,
herbology8@gmail.com*

ВЛИЯНИЕ АДЬЮВАНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ

Ключевые слова: посевы кукурузы; сорные растения; гербициды; поверхностно-активные вещества, урожайность.

В последние 15–20 лет широкое применение гербицидов увеличило масштабы загрязнения окружающей среды при снижении их эффективного действия и увеличении числа видов сорных растений, стойких к гербицидам [2].

В связи с этим обострились проблемы экологического обоснования уменьшения норм применения гербицидов и поиска путей снижения гербицидной нагрузки на окружающую среду без снижения их эффективности [2, 4].

Достаточно действенным для решения этих вопросов является использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), обеспечивающих качественное прикрепление гербицидов к объекту и повышение стойкости рабочих растворов к смыву осадками с листовой поверхности сорных растений [3].

В настоящее время широкое распространение получили ПАВ химической природы: Тренд-90, Неон-99, Амиго, Микс, Хелпер, Адьо, Супер КАП, Аллор и др. В смеси с гербицидами они повышают проникающую способность препаратов в растение дестабилизируя структуру воскового покрытия листьев сорных растений и усиливают фитотоксичное действие гербицидов. Но технология производства их трудо- и энергоемкая от чего стоимость остается высокой, а экологическая безопасность низкой [2, 3].

Для закрепления на растениях гербицидов предлагается использовать экзополисахариды (ЭПС), более дешевые и безопасные адьюванты, чем ПАВ. Микробные полисахариды широко используются в медицине, текстильной, деревообрабатывающей, пищевой промышленности и других отраслях, но в сельском хозяйстве изучены недостаточно.

Цель исследований – установить эффективность применения биodeградебельных микогенных ЭПС энпосана и ЭПАА (экзополисахаридакриламида) как прилипателей, удерживающих гербициды на вегетирующих сорных растениях, и обеспечивающих снижения норм применения гербицидов.

Полевые опыты проводили в посевах кукурузы на черноземных почвах Степной зоны. Площадь учетных делянок 42 м², повторность – трехкратная. Гербициды Римус, 25% ВДГ (0,04 кг/га; 0,03 и 0,02 кг/га) и Хорс, 75% ВДГ (0,1; 0,07 и 0,05 кг/га) вносили ранцевым опрыскивателем Орион из расчета 200 л/га рабочего раствора без адьювантов и с добавлением 1% к объему энпосана и 0,5% ЭПАА.

Опрыскивание посевов осуществляли в фазу 4–5 листьев у кукурузы. Закладку и проведение опытов осуществляли по общепринятым методикам [1, 4, 5].

Было установлено, что перед внесением гербицидов средняя актуальная засоренность кукурузы достигала 318 шт./м² всходов сорняков. В посевах формировался малолетний двудольно-однодольный тип засоренности с преобладанием *Amaranthus retroflexus* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Xanthium albinum* (Widder) H. Scholz, *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Setaria glauca* (L.) P. Beauv., *S. viridis* (L.) P. Beauv. и др. с примерно равным численным соотношением двудольных и однодольных видов.

Применение рекомендованных норм гербицидов без адъювантов обеспечивало снижение засоренности кукурузы через 30 суток после опрыскивания посевов на 77–79%, а меньшими нормами – лишь на 30–42%. При использовании энпосана и ЭПАА улучшались технологические свойства рабочих растворов гербицидов: стабильность растворов, смачиваемость, закрепление и удержание на листовой поверхности сорных растений. Гибель сорняков достигала 94–97%. Благодаря лучшему закреплению растворов на листовой поверхности уменьшение норм применения гербицидов на треть не приводило к ослаблению токсичной активности гербицидов. Гибель сорных растений составляла 93–95%, при уменьшении на половину – 76–79%.

При опрыскивании посевов кукурузы баковой смесью Римус и Хорс половинными нормами гербицидная активность составляла 81–84%, а с применением адъювантов – 96–98%. При этом эффективно уничтожались как двудольные, так и однодольные виды сорных растений. Применение ЭПАА в сравнении энпосаном обеспечивало несколько более высокую смачиваемость и удержание рабочего раствора на поверхности листьев.

К уборке урожая кукурузы наименьшее число сорных растений (18–23 шт./м²) и их воздушно-сухая масса (12–16 г/м²) были на вариантах применения баковой смеси гербицидов половинным нормами с добавлением адъювантов. Урожайность зерна кукурузы достигала 7,39–7,47 т/га, что выше, чем раздельное применение гербицидов без адъювантов на 0,71–0,81 т/га.

Таким образом, применение гербицидов с ЭПС улучшает технологические свойства рабочих растворов, что позволяет уменьшить на половину нормы расхода препаратов Римус и Хорс без снижения их гербицидной активности.

Список литературы

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Дорожжина Л. А., Денисенко А. И., Рыбина В. Н. Гербициды и регуляторы роста растений. Луганск: ФЛП Пальчак, 2017. 252 с.
3. Колупаев М. В., Павлов В. А., Львов А. Г. и др. Оценка влияния внешних адъювантов на биологическую эффективность гербицида Парадокс, ВРК. Современные проблемы гербологии и оздоровления почв. Большие Вяземы: Издательские технологии, 2016. С. 59–67.
4. Курдюкова О. Н., Конопля Н. И. Семенная продуктивность и семена сорных растений: монография. СПб.: Свое издательство, 2018. 200 с.
5. Методические рекомендации по учету и картированию засоренности посевов / Под ред. А. В. Фисюнова. Днепропетровск: ВНИИК, 1974. 71 с.

УДК 621.317

**В. П. Курченко¹, Н. В. Сушинская¹, К. И. Майорова¹,
В. Е. Тихонов², Н. В. Пушкина³**

¹*Белорусский государственный университет, Республика Беларусь, г. Минск,
kurchenko@tut.by,*

²*Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова
Российской академии наук, Россия, г. Москва,
tikhon@ineos.ac.ru,*

³*НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, Республика Беларусь, г. Минск*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЛИГОХИТОЗАНОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ

Ключевые слова: кукуруза, хитозан, олигохитозан, брассиностероиды, ликопин, линолевая кислота, кампестерол.

Внедрение органического земледелия в практику сельского хозяйства включает минимальную и «нулевую» обработку почвы, исключая использование различных химических веществ. Устойчивость растений к воздействию абиотических факторов может быть повышена путем предпосевной обработки семян различными регуляторами роста природного происхождения [1–3]. Одним из перспективных способов защиты посевов кукурузы от вирусных, бактериальных и грибных болезней является предпосевная обработка семян водорастворимыми низкомолекулярными ОХ [3–5]. Хитозан является биогенным гетерополимером N-ацетилглюкозамина и глюкозамина. Активность ОХ определяется эффективностью их взаимодействия с рецепторами клеток. Количество центров связывания на поверхности плазматической мембраны клеток генетически обусловлено и зависит от вида растения. Избирательность взаимодействия рецепторов к хитозану зависит от их молекулярной массы, соотношения остатков N-ацетилглюкозамина и глюкозамина ОХ [1; 5]. Высокий аффинитет ОХ может приводить к разнонаправленным процессам биохимических изменений в клетках растений.

Большой теоретический и практический интерес представляет исследование влияния предпосевной обработки семян кукурузы олигохитозанами с различной молекулярной массой на рост и развитие растений.

Семена кукурузы сорта «Стася × ЛЖ 48/18» обрабатывались ОХ с различной молекулярной массой и степенью ацетилирования: 1) ММ 10,0 кДа и СА 1%; 2) ММ 10,0 кДа и СА 34,7%; 3) ММ 20,1 кДа и СА 1,0%; 4) ММ 18,4 кДа и СА 33,7%; 5) ММ 27,0 кДа и СА 7,0%; 6) ММ 28,6 кДа и СА 28,3%. Семена кукурузы обрабатывались водными растворами олигохитозанов с концентрациями: 0,0005%, 0,001%, 0,005%, 0,01% в течение 1 мин.

Проращивание семян проводилось в соответствии с ГОСТ 12038-84. На 14 день проращивания определялась длина и масса корней и ростков. В метанольных экстрактах корней определялись метаболиты с использованием газового хроматографа Agilent 6850, оснащенного масс-детектором 5975В (США). В зависимости от использованных концентраций ОХ, имеющих ММ и СА, изменение морфометрических показателей носит разнонаправленный характер.

Соотношение масс корней по отношению к массе ростков максимально при использовании различных концентраций ОХ с ММ 20,1 кДа, СА 1,0%. Обработка семян кукурузы олигохитозанами с другими молекулярными массами и степенью ацетилирования не приводит к существенному изменению ростовых процессов. С использованием ГХ-МС показано, что после предпосевной обработки семян кукурузы ОХ с различной молекулярной массой и степенью ацетилирования на 14 сутки выращивания в метанольных экстрактах корней происходят синтезы предшественников некоторых фитогормонов. Наиболее вероятно, механизм стимулирования ростовых процессов проростков кукурузы исследованным ОХ с ММ 20,1 кДа, СА 1,0%, связан с увеличением синтеза стероидных фитогормонов.

В неблагоприятных климатических условиях 2015 г. средняя урожайность кукурузы по Республике Беларусь уменьшилась на 70%. Результаты, представленные в таблице, показали высокую эффективность предпосевной обработки семян кукурузы гибрида Полесский 175 СВ и линии Бл 333 олигохитозаном на ростовые процессы и урожайность. Проведенные опыты по обработке семян кукурузы низкомолекулярным олигохитозаном позволили установить индуцирование синтеза фитоалексинов в корнях и проростках, а также образование белков, связанных с патогенезом, которые синтезируются в тканях проростков кукурузы.

Таблица

Влияние различных режимов обработки на урожайность зерна кукурузы

Вариант опыта	Бл 333				Полесский 175 СВ			
	Урожайность початков, ц/га	Содержание с.в. в початках, %	Выход зерна, %	Урожайность зерна при 14% влажности, ц/га	Урожайность початков, ц/га	Содержание с.в. в початках, %	Выход зерна, %	Урожайность зерна при 14% влажности, ц/га
Контроль	1,8	67,3	77,6	1,1	2,4	75,4	84,5	1,8
Олигохитозан	3,5	66,2	75,7	2,1	6,4	77,7	84,2	4,9

Таким образом, обработка семян различных сортов кукурузы ОХ с различной молекулярной массой и степенью ацетилирования стимулирует ростовые процессы. В полевых делячных опытах предпосевная обработка семян кукурузы водорастворимым низкомолекулярным олигохитозаном приводит к индуцированию системной устойчивости растений к экстремальным климатическим условиям.

Список литературы

1. Maksimov I. V., Yarullina L. G., Surina O. B. // American Journal of Plant Sciences. Vol. 5. P. 1745–1754.
2. Kulikov S. N., Chirkov S. N., Il'ina A. V. et al. // Prik. Biokhim. Mikrobiol. 2006. Vol. 42. P. 224–228.
3. Okada M., Matsumura M., Ito Y. et al. // Plant Cell Physiology. 2002. Vol. 43. P. 505–512.
4. Day R.B., Okada M., Ito Y. et al. // Plant Physiology. 2001. Vol. 126. P. 1162–1173.
5. Kurchenko V. P., Kapustin M. A., Sushinskaya N. V. et al. // AIP Conference Proceedings. 2019. Vol. 2063. 030010.

УДК 634.721:632.4:470.58

В. А. Морковина, В. В. Половникова, И. Н. Порсев

ФГБОУ ВО Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева,
641300 Курганская обл., Кетовский р-н, с. Лесниково,
erde@mail.ru

РАСПРОСТРАНЁННЫЕ БОЛЕЗНИ СМОРОДИНЫ ЧЁРНОЙ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ В ЮЖНОМ ЗАУРАЛЬЕ

Ключевые слова: смородина чёрная, ягода, сорт, урожайность, болезнь, мучнистая роса, антракноз, септориоз.

В агроэкосистеме на сортах смородины черной в Южном Зауралье нами обнаружены листо-стеблевые заболевания: мучнистая роса, антракноз и септориоз [1–4].

Одним из наиболее вредоносных заболеваний чёрной смородины является американская мучнистая роса, возбудитель – гриб *Sphaerotheca mors-uvae* (Schw.) Berk et Curt. При поражении листовая пластинка покрывалась с обеих сторон сплошным войлоком белого мицелия. При большой плотности мицелий гриба менял окраску, становился коричневым или тёмно-коричневым, особенно на стареющих тканях растений.

Нами было проведено обследование сортов, находящихся на государственном сортоиспытании. Обследованные сорта в опыте Венера, Вологда, Дачница, Эстафета, Русалка, Сибилла, Славянка, Кушнарниковская. В 2018 году болезнь была отмечена на сортах Русалка и Эстафета – 5%, сорте Сибилла – 15% и сорте Дачница – 20%. В 2019 году болезнь получила распространение на сортах, увеличилась степень распространения болезни от 10 до 55%, устойчивость отмечена на сортах Венера и Кушнарниковская. В 2020 году поразились сорта смородины от 10 до 55%, устойчивость отмечена на сорте Кушнарниковская.

Одно из наиболее вредоносных и повсеместно распространённых грибных заболеваний смородины чёрной – антракноз, возбудитель сумчатый гриб *Pseudopeziza ribis* Kleb. В начале–середине июня на листьях появлялись мелкие тёмно-бурые округлые пятна, особенно заметные на верхней стороне листа. На поверхности пятен хорошо видны блестящие, беловатые или сероватые выпуклые подушечки, а на черешках листьев тёмные, слегка вдавленные пятна. Поражённые листья бурели, высыхали и преждевременно опадали.

В 2018 году болезнь отмечена на сортах от 5 до 10%, устойчивость отмечается на сорте Кушнарниковская, в 2019 и 2020 годах болезнь проявилась на всех сортах, от 5 до 20%. Развитие болезни усиливалось во второй половине вегетационного периода, особенно при частом выпадении осадков.

Септориоз не менее вредоносен, чем антракноз, возбудитель гриб *Mycosphaerella ribis* Lind. В начале июня на листьях проявлялись мелкие угловатые жёлто-коричневые пятна диаметром 2–3 мм. Затем эти пятна белели в центре и обрамлялись бурой каймой. В центре белого пятна, чаще на верхней стороне листа, появлялись чёрные точки – пикниды (плодовые тела) гриба. На ягодах образовывались мелкие плоские бурые пятна, которые позднее белели и на них образовывалось множество пикнид.

В 2018 году массовое развитие болезни наблюдалось во второй половине лета, пример 2018 год. Уже в августе септориоз вызывал массовое опадение листьев, поражённые побеги плохо вызревали, прирост уменьшался, почки закладывались слабые. Это повлияло на урожай

будущего года, его снижение в 2–3 раза. Развитие болезни по годам не имеет сильных различий, большинство сортов поражалось от 5 до 20%, устойчивость отмечается на сорте Кушнарниковская.

Меры борьбы с антракнозом и септориозом:

- осенью перекопка почвы с заделкой в неё опавшей листвы;
- опрыскивание до цветения и после сбора урожая препаратом Цихом, СП (370 г/кг – меди хлорокись + 150 г/кг – цинеба) – 3–4 кг/га; Пропи Плюс (250 г/л – пропиконазола) – 0,5 л/га; Чистофлор, КЭ (250 г/л – пропиконазола) – 0,5 л/га;
- бордоская смесь – Ф, ВПР (960 + 900 г/кг) – 100 г меди сульфата + 100 г кальция гидроксида/10 л воды. Опрыскивание в период вегетации 1% рабочим раствором [5].

В среднем за годы исследования отмечено различное распространение наиболее вредоносных болезней на сортах смородины, что обусловило снижение урожайности по сорту Сибилла до 65,2 ц/га, сорт оказался в группе контроля сорт Венера – 68,7 ц/га, средний урожай дали сорта Русалка – 78,3 ц/га, Славянка – 82,7 ц/га, Кушнарниковская – 84,6 ц/га. Высокий урожай получен по сортам Вологда – 90,1 ц/га, Дачница – 96,7 ц/га, Эстафета – 101,2 ц/га. Снижение урожайности сортов кроме погодных условий обусловлено разной устойчивостью сортов к вредителям и болезням.

Список литературы

1. *Торопова Е. Ю.* Экологические основы защиты растений от болезней в Сибири / Под ред. В. А. Чулкиной. Новосибирск, 2005. 370 с.
2. *Чулкина В. А., Шаманская Л. Д., Торопова Е. Ю. и др.* Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем плодовых и ягодных культур: учеб. пособие. Новосибирск, 2006. 240 с.
3. *Морковина В. А., Порсев И. Н., Половникова В. В., Климова Н. А.* Агроэкологические аспекты сортового состава смородины чёрной в Зауралье // Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции 5 апреля 2018 г. Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2018. С.131–134.
4. *Морковина В. А., Порсев И. Н., Половникова В. В., Немирова Н. А.* // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 4(32). С. 12–16.
5. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации: 2019 год. Справочное издание. 848 с.

УДК 632.4.01/08

О. В. Синкевич¹, М. Б. Копина², Т. А. Сурина²

¹Карельский филиал ФГБУ «ВНИИКР»,
185033, Россия, г. Петрозаводск, Лососинская набережная, 7,
ovbio@mail.ru,

²Всероссийский центр карантина растений ФГБУ «ВНИИКР»

ВЫЯВЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ КАРАНТИННЫХ ОБЪЕКТОВ НА ХРИЗАНТЕМЕ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ

Ключевые слова: карантинный объект, хризантемы, аскохитоз, ржавчина.

Хризантемы являются одной из древнейших цветочных культур, не потерявших значение и в настоящее время. Ежегодный «парад или бал хризантем» проходящий в станах Европы и ботанических садах нашей страны делают эту культуру все более и более популярной. Мелкоцветковые хризантемы, возделываемые преимущественно в открытом грунте, в декоративном цветоводстве занимают второе место после роз. Крупноцветковые сорта, идущие на срезку, выращивают в сооружениях защищенного грунта. В России хризантемы получили распространение в озеленении открытого грунта в 30-х годах прошлого столетия [1], а пик выращивания в защищенном грунте пришелся на 70–80-е годы прошлого века [2]. Сегодня мелкоцветковую хризантему, продающуюся в качестве комнатного или садового растения, можно увидеть во всех уголках страны. Для использования в ландшафтном дизайне на личных приусадебных участках предлагаются сорта, преимущественно иностранного происхождения, кроме того активно укореняется крупноцветковая хризантема из букетов, идет активный обмен сортами через интернет по всей стране. При этом не учитывается риск заноса и распространения болезней и вредителей. На сегодня в России производится порядка 10 млн. хризантем в год, что полностью не может удовлетворить потребности страны, и ежегодно ввозится порядка 25 млн. срезанных цветов [3].

Согласно оценки фитосанитарного риска в едином перечне карантинных объектов Евразийского экономического союза находится 19 видов вредных организмов, связанных со срезанной хризантемой, из которых 2 приходится на грибные заболевания.

В Республике Карелия специалисты Испытательной лаборатории (ИЛ) ФГБУ «ВНИИКР» Всероссийский центр карантина растений совместно с инспекторами Управления федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Республике Карелия, Архангельской области и Ненецкому автономному округу в рамках мониторинга привели обследования оптовой и розничной сети цветочных магазинов, занимающихся реализацией срезанных и горшечных растений, а также организаций, реализующих посадочный материал хризантем. Срезанные и горшечные хризантемы осматривались визуально, проводили стряхивание насекомых на листы белой бумаги, отмечали наличие пятен и наростов, увяданий на листьях, стеблях и соцветиях хризантем. Для идентификации вредных организмов в ИЛ используют разные по трудоемкости и временным затратам методы. Для определения имаго западного цветочного трипса *Frankliniella occidentalis* Р. необходимо сделать тотальный микропрепарат насекомого в жидкости Фора-Берлизе, где после просветления у насекомого под увеличением в 200–400 раз хорошо просматриваются диагностические признаки. Возбудитель белой ржавчины хризантем *Puccinia*

horiana P., имеющий вызревшие телии на листе так же легко идентифицируется по морфологическим признакам телеоспор (рис. 1).

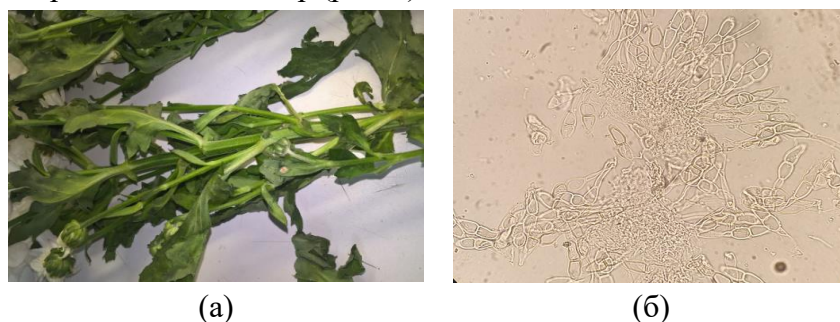


Рисунок 1. Белая ржавчина хризантем *P. horiana*, телии на нижней стороне листа (а) и телеоспоры (б) (фото О.В. Синкевич)

При этом выявление аскохитоза хризантем *Stagonosporopsis chrysanthemi*, имеющего симптоматику повреждений, схожую с другими грибными заболеваниями требует больше времени. При отсутствии спороношения небольшие фрагменты пораженных частей растения предварительно обеззараживали в спирте в течение 2 мин, промывали несколько раз стерильной водой и обсушивали фильтровальной бумагой. Затем их раскладывали в стерильные чашки Петри на увлажненную фильтровальную бумагу и инкубировали в течение 5 суток при 22–25°C.

Выросшие колонии грибов отсеивали на агаризованную среду (2%-й картофельно-глюкозный агар) в чашки Петри. Определение проводили через 8 дней путем анализа культурально-морфологических признаков гриба (характера роста на среде, морфометрических измерений пикнид и конидий) сравнивали со стандартными характеристиками, представленными в определительной литературе и образцами, имеющимися в лаборатории (рис. 2).

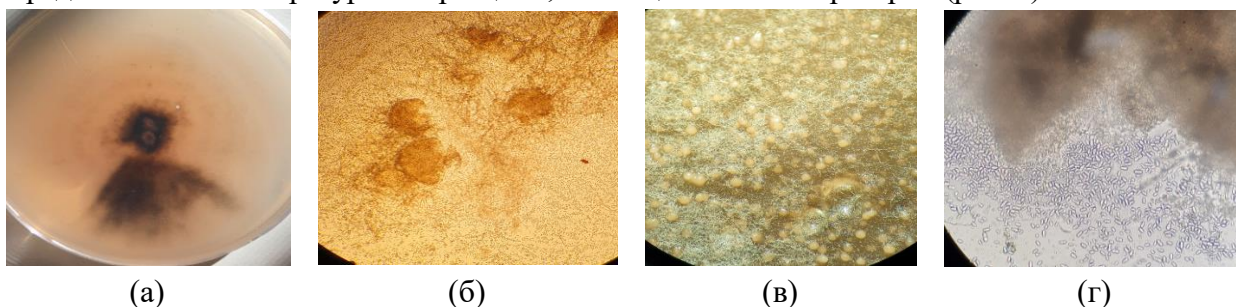


Рисунок 2. Концентрические кольца культуры на КГА (а), спороношение (б), пикниды (в) и конидии (г) возбудителя аскохитоза хризантем *S. chrysanthemi* (фото О.В. Синкевич)

В результате исследования было выявлено два вида карантинных объектов для РФ: западный цветочный трипс и белая ржавчина хризантем. При проведении исследования на выявление возбудителя *S. chrysanthemi* выявлены анаморфные грибы классов *Hyphomycetes* и *Coelomycetes*: *Botrytis cinerea* Pers., *Verticillium* sp., *Botryosporium* sp., *Geotrichum* sp.). Грибы пеницилловой группы, возбудители родов *Alternaria* sp. и *Cladosporium* sp.

Список литературы

1. Киселев Г. Е. Цветоводство. М.: Гос. Изд-во сельскохозяйств. лит-ры, 1952. 974 с.
2. Шмыгун В. Н. Хризантемы. М.: Наука, 1972. 233 с.
3. [Электронный ресурс] URL: <https://credinform.ru/ru-RU/herald/details/a6d6719ce3f4> (дата обращения: 30.09.2020).

УДК 635.21:631.8

В. В. Смук^{1,2}, А. М. Шпанев^{1,2}¹Агрофизический научно-исследовательский институт,
195220, Россия, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14,²Всероссийский научно-исследовательский институт
защиты растений,
196608, Россия, г. Санкт-Петербург, шоссе Подбельского, 3,
ashpanev@mail.ru**ПРОБЛЕМЫ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОСАДОК КАРТОФЕЛЯ
ОТ АЛЬТЕРНАРИОЗА****Ключевые слова:** альтернариоз картофеля, фунгициды, минеральные удобрения, биологическая эффективность.

В последние годы выявлены участвовавшие случаи сильного поражения посадок картофеля альтернариозом на Северо-Западе России. Такая ситуация оказалась обусловлена благоприятными погодными условиями, к которым, прежде всего, относятся высокие среднесуточные температуры во второй и третьей декадах июня [1–2]. При этом наиболее сложная обстановка складывается на восприимчивых сортах и неудобренных посадках, которая еще более усугубляется из-за низкой эффективности фунгицидных обработок широко применяемыми в регионе препаратами [3]. К таковым в первую очередь относятся Ридомил Голд МЦ, ВДГ; Сектин Феномен, ВДГ и Акробат МЦ, ВДГ, спектр фунгицидной активности которых распространяется на фитофтороз и альтернариоз картофеля.

Наши исследования, проводимые на агроэкологическом стационаре Меньковского филиала Агрофизического института в период 2018–2020 гг. на восприимчивом сорте картофеля Удача, также показали низкую эффективность фунгицидной защиты растений от альтернариоза. Схемы применения фунгицидов включали 3-кратную обработку препаратами со следующим чередованием: 2018 и 2019 гг. – Ридомил Голд МЦ, ВДГ (дважды), Сектин Феномен, ВДГ; 2020 г. – Сектин Феномен, ВДГ (дважды), Акробат МЦ, ВДГ. Важно отметить, что данные схемы были эффективны против фитофтороза, как основного и наиболее вредоносного заболевания картофеля в регионе, а развитие альтернариоза снижали на уровне 16,9–31,7% (таблица).

Таблица

Биологическая эффективность фунгицидных обработок против альтернариоза
картофеля на Северо-Западе России

Варианты опыта	2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %	R, %	БЭ, %
Без обработок фунгицидами	52,8	–	35,0	–	17,0	–
Три фунгицидные обработки	43,9	16,9	23,9	31,7	14,0	17,6

R – развитие болезни, %; БЭ – биологическая эффективность, %.

Одной из причин сложившейся ситуации являлись сроки проведения первой обработки фунгицидами, которые в защите от альтернариоза должны быть более ранними, чем от фитофтороза. Обработка должна проводиться не позднее смыкания рядков картофеля

и повторяться с интервалом в 7–10 дней. Как показали данные 2020 года, даже в этом случае не удается достичь высоких показателей эффективности фунгицидной защиты картофеля от альтернариоза. Так, четырех кратное применение фунгицидов в посадках сорта Синеглазка в период смыкания рядков (Сектин Феномен, ВДГ), начало (Ридомил Голд МЦ, ВДГ) и конец цветения (Акробат МЦ, ВДГ), роста клубней (Акробат МЦ, ВДГ) обеспечило снижение развития альтернариоза на 12,5%, по сравнению с незащищенным вариантом опыта.

Особое внимание следует уделить неудобренным посадкам картофеля, которые поражаются альтернариозом значительно сильнее и раньше по срокам. В годы, благоприятные для проявления альтернариоза, развитие заболевания на неудобренном варианте в фазу цветения картофеля уже составляло 25%, в период роста клубней – 38,3%, созревания – 65%, тогда как на среднеудобренном – 11,7, 21,7 и 51,7%, высокоудобренном – 5, 15 и 41,7%. Ситуация еще более усугубляется в отсутствии или уменьшенного числа междурядных обработок, когда борьба с сорной растительностью осуществляется за счет применения гербицидов. На фоне стресса для роста и развития растений, вызванного дефицитом минерального питания и кислородным голоданием, происходит наиболее сильное поражение картофеля альтернариозом. Такие посадки первыми подлежат обработке фунгицидами.

Список литературы

1. Козловский Б. Е., Филиппов А. В. // Защита и карантин растений. 2007. № 5. С. 12–13.
2. Новикова Л. Ю., Травина С. Н., Жигadlo Т. Э. и др. // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2015. Т. 176(4). С. 391–401.
3. Шпанев А. М., Смук В. В., Фесенко М. А. // Агрохимия. 2017. № 12. С. 38–45.

УДК 630.453(470.55)

Г. И. Соколов

*Челябинский государственный университет
454139, Россия, г. Челябинск, ул. Василевского, 75,
sokolov_gi@mail.ru*

МНОГОЛЕТНЕЕ ИЗУЧЕНИЕ ОЧАГОВ ВРЕДИТЕЛЕЙ И БОЛЕЗНЕЙ ЛЕСА В ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ И СПОСОБОВ БОРЬБЫ С НИМИ

Ключевые слова: очаг, хвоегрызущие, листогрызущие и стволовые вредители леса, болезни леса; борьба с вредителями.

Факты массового размножения вредителя леса в Челябинской области известны с 1849 года [1].

В настоящее время в лесах и питомниках Челябинской области более 70 видов насекомых дают вспышки массового размножения. Вред лесному хозяйству наносят 42 вида, с которыми необходимо вести борьбу химическими и биологическими препаратами [5]. Установлены также основные бактериальные и грибные болезни в лесах Челябинской области [4, 9].

Нами совместно с лесопатологами Челябинской области изучались очаги основных вредителей и болезней в период с 2000 по 2020 годы [5] и разрабатывались различные способы борьбы с ними с помощью авиации, аэрозольных генераторов и обычных лесохозяйственных методов [20].

В результате лесопатологических обследований лесов Челябинской области были получены следующие ежегодные данные по площади очагов отдельных вредителей и болезней леса в га на конец года, начиная с 2000 года: звездчатый пилильщик-ткач – 19240, 21067, 17174, 15812, 6808, 4217, 2098, 2097, 1354, 420, 400, 150, 0, 64, 64, 64, 391, 391, 5, 413, 409; шелкопряд-монашенка – 0, 0, 391, 1432, 3400, 1542, 8245, 2888, 2137, 5963, 2837, 486, 440, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0; рыжий сосновый пилильщик – 0, 0, 904, 529, 0, 0, 0, 0, 0, 345, 345, 227, 572, 345, 345, 148, 0, 0, 0, 0; сибирский шелкопряд – 0, 150, 0, 0, 0, 0, 116, 115, 134, 0, 30, 18, 18, 0, 0, 0, 0, 249, 12, 0, ; итого хвоегрызущих вредителей леса – 25691, 21746, 18078, 1777, 10208, 5759, 10459, 5100, 3625, 6728, 3612, 881, 1030, 409, 409, 212, 391, 640, 17, 413; непарный шелкопряд – 0, 0, 0, 0, 5537, 38729, 15000, 23916, 27426, 185757, 285242, 44521, 2900, 0, 0, 3644, 116, 0, 0, 0; летне-осенняя экологическая группа (ЛОЭГ) – 110777, 110800, 0, 0, 2102, 8664, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1866, 0, 0; итого листогрызущих вредителей леса – 110777, 110800, 0, 0, 7639, 47393, 15000, 23916, 27426, 185757, 285242, 144521, 2900, 0, 0, 0, 0, 1866, 0; итого стволовых вредителей леса (короед-типограф, большой сосновый лубоед, черный сосновый усач, черный еловый усач) – 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1205, 825, 607, 460, 256, 219, 147, 90, 81, 111; итого болезней леса (бактериальная водянка березы, сосновая губка, ложный трутовик, ложный осиновый трутовик, смоляной рак сосны, голландская болезнь ильма) – 156, 171, 137, 116, 108, 106, 106, 98, 0, 80, 422, 1880, 2181, 2017, 2259, 1151, 655, 661, 583, 481; общая площадь очагов вредителей и болезней леса – 136468, 21746, 18469, 17822, 17847, 53152, 25863, 29016, 31051, 192485, 288854, 146607, 4755, 1016, 868, 468, 4254, 903, 2556, 975.

Для борьбы с вредителями леса в Челябинской области в последние 20 лет испытаны различные химические, биологические и гормональные препараты авиационным и наземным аэрозольным методами [2].

Многолетнее изучение популяций вредителей леса в Челябинской области позволило разработать и рекомендовать различные способы борьбы с ними современными биологическими, химическими и гормональными препаратами. Из лесохозяйственных методов защиты леса рекомендуется своевременно проводить комплекс санитарно-оздоровительных мероприятий (СОМ) в лесном фонде Челябинской области и применять комплексно-очажный метод защиты леса от вредителей [7].

Эффективная защиты лесов Челябинской области от вредителей и болезней возможна лишь при использовании против вредных организмов не какого-либо одного, а комплекса методов защиты леса – системы лесозащитных мероприятий, предусматривающих создание условий, неблагоприятных для развития очагов вредителей и болезней леса.

Список литературы

1. *Обухов А. Е.* // Лесной журнал. 1894. № 5. С. 523–530.
2. *Обзоры санитарного и лесопатологического состояния лесов Челябинской области и прогнозы лесопатологической ситуации на следующий год.* Челябинск: Филиал ФГУ «Российский Центр защиты леса» – «Центр защиты леса Челябинской области», 2000–2020.
3. *Соколов Г. И.* Защита лесов Челябинской области новым комплексно-очажным методом. Экология и проблемы рационального использования природных комплексов Южного Урала. Свердловск, 1984. С. 57–64.
4. *Соколов Г. И.* Основные грибные болезни сеянцев в лесных питомниках и культурах сосны Челябинской области и меры борьбы с ними // Защита питомников и молодняков от вредителей и болезней: Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания (г. Челябинск, 10–14 сентября 1990 г.). Москва, 1990. С. 96–99.
5. *Соколов Г. И.* // Лесопатологическая обстановка в лесном фонде Уральского региона. Екатеринбург, 2001. С. 51–61.
6. *Соколов Г. И.* Интегрированная защита лесов Челябинской области. Теоретические и практические проблемы лесовосстановления на Урале. Екатеринбург: УГЛУ, 2002. С. 29–31.
7. *Соколов Г. И.* Многолетний опыт борьбы с вредителями леса в Челябинской области // Леса Евразии-Уральские горы: Материалы У Международной конференции молодых ученых (26–30 сентября 2005 г.). М., 2005. С. 144–146.
8. *Соколов Г. И.* // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2009. Вып. 187. С. 318–328.
9. *Соколов Г. И., Закирова Д. Ф.* Основные грибные болезни в лесах и питомниках Челябинской области // Дендробионтные беспозвоночные животные и грибы и их роль в лесных экосистемах: Материалы Всероссийской конференции с международным участием, тезисы докладов, XI чтения памяти О.А. Катаева. Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2020. С. 309–310.

УДК 631.81.095.337:633.11:632.9

В. Н. Тимофеев, О. А. Вьюшина, В. С. Рамазанова

*Научно-исследовательский институт
сельского хозяйства Северного Зауралья –
филиал ТюмНЦ СО РАН,
625501, Россия, Тюменская обл., Тюменский р-н,
п. Московский, ул. Бурлаки, 2
Timofeev_vn2010@mail.ru*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЧАСТИЦ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Ключевые слова: яровая пшеница, болезни, эффективность, фунгициды, биогенные частицы микроэлементов.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур обуславливает необходимость создания оптимальных условий их питания всеми необходимыми элементами, и своевременную защиту культуры [1]. Использование биогенных наночастиц на основе железа для размножения и защиты сельскохозяйственных культур позволяет существенно ускорить развитие корневой системы, а также усилить защиту семян от возбудителей болезней растений [2–5]. Изучение и оценка эффективности элементов с наночастицами на основе микроэлементных частиц важных для растения является актуальной в системе возделывания сельскохозяйственных культур.

Цель исследований провести биологическую оценку применения некоторых микроэлементных частиц на яровой пшенице.

Исследования выполнены в НИИСХ Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН в 2019 г., при условиях хорошей обеспеченности осадками 123% к норме и 99% от нормы тепла. Изучалось применение на яровой пшенице среднеспелого типа сорт Авиада микроэлементного состава (железо с кобальтом) в различных вариациях для обработки семян перед посевом и растений в период вегетации в комплексе защиты культуры. Учеты и наблюдения выполнялись по стандартным методическим указаниям, принятым в Госсорте сети, растениеводстве и защите растений.

Оценка применения препарата на основе железа в смеси с кобальтом во всех фазах применения средств защиты растений на яровой пшенице показал отсутствие влияния на лабораторную всхожесть, которая была на уровне 85–90% при увеличении на 3% по применению стандартного химического протравителя семян. Изменение показателей зародышевых органов на 7 день (корень, coleoptile, росток) достоверно проявлялось увеличением корня на 1,0 см и укорачиванием длины coleoptile на 0,3–1,0 см также при обработке семян химическим протравителем.

При общей зараженности семян патогенными и сапрофитными грибами на уровне 50–52%, химические протравители снижали зараженность семян на 92–98%, применение биогенное Fe с Co имело влияние на 34%, что является на уровне пороговых значений. Снижение поражения корней пшеницы гнилями в начальную фазу роста составляло 71% и в конце вегетации 93% при химическом протравливании, а применение состава Fe с Co соответственно влияло на уровне пороговых 30% и повышением к концу вегетации до 60%.

Устойчивость к полеганию у сорта средняя, но при обработке семян химическим протравителем и составом биогенное железо с кобальтом повышалась устойчивость к полеганию на 90–95% в условиях года по превышению количества осадков.

Поражение комплексом листостебельных болезней (*Puccinia recondite*, *Septoria tritici*, *Septoria nodorum*) незащищенных посевов достигало 45–60%. Применение фунгицида в фазу флаговый лист снизило поражение листостебельными болезнями на 77–81%, но по фону применения биогенного железа в фазу кущения и в смеси с биофунгицидом в фазу появления флагового листа эффективность приема была более высокая и продолжительная до 90%.

При оценке биометрического материала растений отмечалось положительное влияние на параметры колоса, но при этом наблюдалось укорачивание стебля и снижение площади листа по фону железа.

Урожайность культуры в условиях года составляла 3,2–4,9 т/га на фоне различных схем применения СЗР, основным приемом по сохранению урожайности было применение фунгицидов в период вегетации на 1,1 т/га, наложение биогенного железа и биофунгицида в комплексной системе защиты культуры повысило урожайность на 1,5–1,6 т/га.

В итоге исследований можно отметить то, что применение частиц биогенного железа с кобальтом в системе защиты культуры проявило положительные свойства по сдерживанию болезней в период вегетации и поспособствовало повышению урожайности.

Список литературы

1. Аристархов А. Н., Бушуев Н. Н., Сафонова К. Г. // Агрехимия. 2012. № 9. С. 26–40.
2. Гуревич Ю. Л., Баюков О. А., Бондаренко Г. Н. и др. Особенности структуры и биологическая активность биогенного ферригидрита // Сложные системы в экстремальных условиях: Материалы XIX Всероссийского симпозиума с международным участием. ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр СО РАН», 2018. С. 61–64.
3. Короткова А. М., Лебедев С. В., Каюмов Ф. Г., Сизова Е. А. // Сельскохозяйственная биология. 2017. № 1. С. 172–182.
4. Назарова А. А. // Плодородие. 2017. № 6(99). 2017. С. 48–50.
5. Vopn V. L., Mistratova N. A., Petrakovskaya E. A. et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science conference proceedings. 2020. Vol. 421. 62014.

Секция
«Биологические методы защиты растений»

УДК 632.937:579

V. Y. Alekseev, S. V. Veselova, S. D. Rumyantsev,
G. F. Burkhanova, E. A. Cherepanova, I. V. Maksimov

*Institute of Biochemistry and Genetics,
Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences,
450054, Russia, Ufa,
veselova75@rambler.ru*

**BACTERIA OF THE GENUS *BACILLUS* AND THEIR LIPOPEPTIDES ENHANCE
ENDURANCE OF WHEAT PLANTS TO THE GREENBUG APHID
SCHIZAPHIS GRAMINUM ROND.**

Keywords: *Schizaphis graminum*, *Bacillus* spp., growth-promoting activities, endurance.

Cereal aphids (Aphididae) are considered one of the main pests of wheat [1]. The use of biocontrol agents based on the bacteria *Bacillus thuringiensis* is an effective way to increase the resistance of grain crops to aphids [2]. The strains of *B. thuringiensis* synthesize proteins – δ -endotoxins (Cry and Cyt) as an insecticidal agent [2]. Recently, studies have appeared in which it has been shown that other members of the genus *Bacillus* (*B. velezensis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. solisalsi*, *B. pumilis*, *B. subtilis*) can effectively reduce the pests number on plants, and the mechanisms of this phenomenon can be different [3]. In particular, lipopeptide production [4] may be involved.

The indirect influence of plant growth-promoting bacteria (PGPB) on viability of pest can be expressed in the growth-promoting effect of these bacteria on plants, leading to increase in plant endurance to aphids [3]. The endurance or tolerance of plants to insects feeding on phloem sap is the rapid recovery of photosynthetic activity and growth processes [1].

Many types of bacteria synthesize peptide antibiotic substances that kill other types of microorganisms. Interestingly, these substances are involved in the plant-microbe interaction, as well as in interaction with pathogens and insect pests. One of the groups of such biologically active compounds of bacteria is lipopeptides. Lipopeptides are synthesized with the participation of specific enzymes – lipopeptide synthetases. It has been shown that a number of bacteria *Bacillus* spp. synthesize the main classes of lipopeptides (surfactins, fengicins and iturins). The gene for surfactin synthetase was identified in strain *B. subtilis* 26D and isolates *Bacillus* sp. Tas-1 and Tas-8.2. Iturin synthetase gene was found in strains *B. subtilis* 11VM and *B. thuringiensis* B-6066. In addition, the fengicine synthetase gene was identified in strain *B. thuringiensis* B-6066.

In further work, the indirect effect of bacterial strains and isolates of *Bacillus* spp. and their metabolites on the viability of cereal aphids, which can be expressed in a growth-promoting effect, has been studied. Our experiments revealed low wheat endurance to *S. graminum* that manifested as inhibition of the first- and second-leaf growth. Treatment of plants with cells of bacterial strains or their metabolites accelerated the growth of 1st and 2nd leaves of wheat, both under normal conditions and during the colonization of aphids. Thus, PGPB stimulated plant growth and compensated for losses during aphid feeding, while they formed plant tolerance to the pest, most likely due to an increase in the availability of water and mineral nutrients, as well as the synthesis of various metabolites. As shown by our results, bacterial lipopeptides can be involved in increasing plant

tolerance to the pest. This effect of lipopeptides may be related to its function of biofilm formation and influence on the motility of bacteria during colonization of plants.

In addition, our results showed that the bacteria *Bacillus* spp. and their metabolites indirectly influenced the mortality of *S. graminum* feeding on treated wheat plants. Treatment of plants with bacteria increased the mortality of aphids by 4–29% relative to control plants. Treatment of plants with lipopeptides increased the mortality of aphids by 5–15% relative to control plants. The strain *B. subtilis* 11VM and its metabolite had an insignificant effect on the mortality of aphids. The *B. thuringiensis* B-6066 strain and its metabolites had the greatest effect. Also strain *B. subtilis* 26D, isolates *Bacillus* sp. Tas-1 and Tas-8.2 and their metabolites significantly influenced the mortality of aphids. Thus, aphid mortality was influenced by surfactin and fengicin, synthesized by *B. subtilis* 26D, *Bacillus* sp. Tas-1, Tas-8.2 and *B. thuringiensis* B-6066, respectively. Recently, the insecticidal activity of surfactins from *Bacillus* spp. has been detected against aphids.

Thus, the growth-promoting activity of strains and isolates of *Bacillus* spp. did not depend on the class of lipopeptide synthesized by these bacteria. However, the type of lipopeptide synthesized was important in the indirect effect of bacteria on the viability of the greenbug aphid. Strains and isolates synthesizing surfactin (*B. subtilis* 26D, *Bacillus* sp. Tas-1 and Tas-8.2.) and fengicin (*B. thuringiensis* B-6066), but not iturin (*B. subtilis* 11VM), had the greatest indirect effect on the viability of the *S. graminum* and endurance of wheat plants.

This work was supported by State Project AAAA-A16-116020350027-7 and the Russian Foundation for Basic Research, project 17-29-08014.

References

1. Koch K., Chapman K., Louis J. et al. // *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. 1363.
2. Palma L., Muñoz D., Berry C. et al. // *Toxins*. 2014. Vol. 6. P. 3296–3325.
3. Rashid M., Chung Y. // *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. 1816.
4. Yang S., Lim D., Noh M. et al. // *Entomological Research*. 2017. Vol. 47. P. 55–59.

УДК 57.044

D. S. Nsengiyumva, P. A. Balabanov, I. S. Kiseleva

*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsyn
620002, Russia, Ekaterinburg, Mira str., 19,
majozel6@gmail.com*

BIOLOGICAL ACTIVITY OF EXTRACTS FROM XYLOTROPHIC FUNGI: APPLICATION IN AGRICULTURAL FIELDS

Keywords: wood decomposing fungi, crude extracts, biological activity compounds, seed germination, tomato.

Dried fruit bodies of eleven species *Fomitopsis pinicola*, *Cerrena unicolor*, *Piptoporus betulinus*, *Daedaleopsis tricolor*, *Stereum subtomentosum*, *Funalia trogii*, *Phellinus cinereus*, *Trametes versicolor*, *T. pubescens*, *T. gibbosa* and *Ganoderma applanatum* were used for the preparing of a crude fungal extracts (CFEs) which then were studied to evaluate their impact on rate of seeds germination, biosynthesis of photosynthetic pigments, biomass formation and growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum*, cv. Dubrava).

To obtain CFEs, 500 mg of dried ground biomass was processed by a series of extractions with 80%, 60%, 40% ethanol and diH₂O. Test tubes containing sampled biomass (or biomass wastes from the previous extraction step(s)), 4 ml of ethanol solution, and diH₂O for the final extraction step, were heated in water bath for 40 min at 70°C–80°C. All extracts were collected in the same tube. After final diH₂O extraction step, the extracts were dried, re-dissolved into diH₂O, tipped up at 300 ml, stored in refrigerator and were further used in different steps of our research. Seeds of tomato (*Solanum lycopersicum*, cv. Dubrava) were grown on Petri dishes, which were moistened with CFEs, control seeds were moistened with diH₂O only.

Totally during thirteen days from the sowing time, every Petri dish received CFE equivalent to 5 mg of fungi dry biomass; germination process (germinated seeds and length of seedlings) was assessed on daily basis. Dried biomass of seedlings was determined, and 80% acetone extraction and estimation of photosynthetic pigments was carried out according to Lichtenthaler [1].

It was shown that there was little difference in the number of germinated seeds every day. The most active process of seeds germination was observed between the second and ninth days, after nine days there was no new germinated seed; for a period of thirteen days from sowing seed germination was 88 and 99% under CFEs from *T. versicolor* and *C. unicolor* respectively.

Most CFEs have stimulated early growth stages; only CFE from *T. versicolor* has shown inhibitory effect on seed germination and three CFEs (*P. cinereus*, *T. gibbosa* and *F. pinicola*) did not reveal neither inhibitory nor stimulating effect.

The biomass of tomato seedlings in the case of CFEs increased 1.5–1.9 times compared to control. The chlorophyll content in the majority of cases was the same as in control, except extracts of *P. betulinus*, *D. tricolor* and *F. trogii*. Extracts of these fungi increased the amount of chlorophyll *a*, chlorophyll *b* and carotenoids up to 1.3–1.5 times.

The stimulatory effects on biosynthesis of photosynthetic pigments and biomass accumulation could be the results of conjoint actions of nutrients uptake and carbon dioxide assimilation. Free amino acids, phenol compounds and proteins were found in CFE's; that could be responsible for the stimulatory effects, which were showed by various CFEs during early seedlings growth. Most of these

fungal biologically substances are required for the normal growth of fungal fruiting bodies; and also they are functioning as communication signals during fungi interaction and coexistence with other organisms, such as plants and or animals and others [2, 3].

Thus, all CFEs have shown positive effect on biomass accumulation in tomato seedlings and stimulated chlorophyll a biosynthesis, while nine of 12 CFE's have stimulated chlorophyll b increase and carotenoids. Inhibitory effect was shown for CFEs from *F. pinicola*, *T. pubescens* and *G. applanatum* in the case of chlorophyll b and CFEs from *F. pinicola* and *T. versicolor* in carotenoid biosynthesis.

These results suggest that wood decaying fungi could be used as the source of BACs to boost, promote and stimulate plant germination and early growth stages.

The work was support by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 02.A03.21.0006).

References

1. *Lichtenthaler H. K.* // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. P.350–382.
2. *Pusztahelyi T., Holb I. J., Pócsi I.* // Frontiers in Plant Science. 2015. [Published on-line] URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00573> (date of access: 05.09.2020)
3. *Macheleidt J., Mattern D.J., Fischer J. et al.* // Annual Review of Genetics. 2016. Vol. 50. P. 371–392.

УДК 578.2

D. S. Tokasheva, N. N. Iksat, R. T. Omarov

*Eurasian National University named after L.N. Gumilev,
010008, Qazaqstan, Nur-Sultan, Satapaev, 2,
dana041193@mail.ru,
nuri.001@mail.ru,
romarov@gmail.com*

MANGANESE APPLICATION AS THE PROTECTION WAY FOR PLANTS FROM VIRAL DISEASES

Key words: viral infection, manganese, Tomato Bushy Stunt Virus, *Nicotiana benthamiana*.

Plant viruses affect agricultural cultures really harmfully, doing so, they create economical stress to various countries of the world. In Qazaqstan potato yield ability decreases annually by 40-50% because of viruses, while storing the losses of potato tubers are about 10–15% [1]. Mosaics decreases tomato yield ability by 8–14% while streak does by 25%. The main peculiarity of Solanaceae viral diseases is a fast spread of a virus from one plant to another, which leads to yield mass deterioration [2].

Widely spread viral symptoms are: mosaics, chlorosis, necrosis, and fruit affect. Viral infections provoke symptoms which cause pathological changes in an infected plant, which in its turn leads to biomass decrease yield losses. Interaction of a virus with a plant directly depends on how fast a plant can activate its defense activity. Most often plants are able to survive, although it is impossible to avoid losses. For instance, tomato bushy stunt virus infects tomato plants called “Money maker”, as a result plant’s immune system accepts a foreign agent as its own and does not respond the invasion of the pathogen [3].

To avoid wide spread of viral diseases of agricultural cultures, scientist study factors which influence sensitivity and immune response of plants. That is how it was found out that manganese takes its part in plenty of biochemical processes of plants. Manganese is an activator of ferments; it can also exchange other metals with ions. Manganese takes part in the breathing and photosynthesis processes; carbohydrate and nitrogen exchange, also in vitamin C synthesis, water photolysis, it is necessary for chloroplast structure support [4]. Moreover, manganese affects such processes as replication, amino acid and xylogen synthesis, the level of plant hormones regulation [5]. Lack of manganese leads to weal plant growth and poor elasticity of cell wall, the plan itself become sensitive to lower temperatures. The most sensible plant for the lack of manganese are grass and bean families, horticultural, small fruit crops [6]. It was proved that manganese increases wheat resistance to fungoid diseases [7].

Currently we are studying manganese influence to plant viral diseases. A model plant, *Nicotiana benthamiana*, Australian tobacco, was chosen as an object of the research, because it has high sensibility to viruses, this plant is sensible to the most of pathogens, which makes it a perfect model for the research of plant protective immune system in general [8]. The plants were infected with Tomato Bushy Stunt Virus (TBSV). This virus infects a lot of plant families; the hypothesis that TBSV has a determinant virulence was developed, that makes him different from other small RNA which are contained in viruses with a smaller range of hosts [9]. During 34 days ten plants of *Nicotiana benthamiana* were grown in a greenhouse at the temperature 27°C. five plants were

experimental and five ones were for control. Fertilizer vermiculite “Bogatyr”, 10 mg MgSO₄ and CaCO₃ was used for the five experimental plants, as manganese works better in lime ground. All plants were mechanically inoculated with earlier developed TBSV gene transcript. The symptoms appeared in a week. Such symptoms as mosaics and necrotic regions in the places of inoculation were found on the leaves of all five plants. However, there were only small mosaics symptoms, on experimental plants.

Thus, this experiment shows that manganese decreases development of a viral disease in *Nicotiana benthamiana*.

References

1. *Ekaterinskaya E. M.* Influence of the virus on the yield and quality of potato tubers in the conditions of the Kostanay region // Scientific support of agro-industrial production: Materials of the International Scientific and Practical Conference. 2018. P. 259–264. [in Russian]
2. *Ospanova G. S., Bozshataeva G. T., Turabaeva G. K., Alikhanova A.* // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2014. Vol. 3. P. 62–64. [in Russian]
3. *Akbassova A.* Cultivar specific influence of TBSV infection on tomatoes. Bulletin of ENU. L. N. Gumilyov. 2018. P. 8–18. [in Russian]
4. *Malykh G. P., Magomadov A. S.* Influence of different doses and timing of manganese fertilization on the growth, development and productivity of the plantation // Horticultură, Viticultură și vinificație, Silvicultură și grădini publice, Protecția plantelor. Simpozionul "Agricultura Modernă – Realizări și Perspective", Chișinău, Moldova, 27 Septembrie 2013. Vol. 36(1). P. 288–292. [in Russian]
5. *Burnell J. N.* The Biochemistry of Manganese in Plants. Manganese in Soils and Plants. Developments in Plant and Soil Sciences. Vol. 33 / Ed. by R. D. Graham, R. J. Hannam, N. C. Uren. Springer, Dordrecht, 1988.
6. *Pobilat E. I., Voloshin E. I.* // Trace elements in medicine. 2017. Vol. 18(2). P. 43–47. [in Russian]
7. *Mbao K., Sidorov A. V., Tyryshkin L. G.* // Vestnik studencheskogo nauchnogo obshchestva. 2019. Vol. 10(1). P. 38–40. [in Russian]
8. *Goodin M. M., Zaitlin D., Naidu R. A., Lommel S. A.* // Molecular Plant-Microbe Interactions. 2008. Vol. 21(8). P. 1015–1026.
9. *Scholthof H. B., Scholthof K.-B. G., Kikkert M., Jackson A. O.* // Virology. 1995. Vol. 213. P. 425–438.

УДК 631.87:579.64

**Tripti¹, A. Kumar¹, M. Darkazanli¹,
M. Rajkumar², L. B. Bruno²**

¹*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin,
620002, Russia, Ekaterinburg, Mira, 19,
adarsh.biorem@gmail.com,*

²*Bharathiar University, Coimbatore-641046, India*

METAL AND DROUGHT TOLERANT BIOCHAR BASED BIOFERTILIZER FOR ENHANCED GROWTH OF *RAPHANUS SATIVUS*

Keywords: copper, radish, biofertilizer, biochar, plant growth.

Incessant use of chemical fertilizer in the agricultural field for higher crop growth has become a distressing problem for today's world [1]. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) capable to tolerate metals and drought showed significant response in improved crop production without showing any detrimental effect on crop growth. Moreover, addition of these PGPRs with suitable carrier further improves the biomass of the crops [2]. Biochar produced by pyrolysis of wooden biomass provides good micro-environment for inhabiting microorganisms and can be utilized as a suitable carrier material. Hence, use of PGPRs with carrier materials is a great area of research and yet to be explored for preparation of biofertilizers for enhanced biomass and crop productivity. The present study involves preparation of biofertilizer using biochar derived from hardwood forest tree of birch as carrier material. For this purpose, different plant growth promoting, metal and drought tolerant bacterial strains were selected as test inoculants. The efficacy of these inoculated carriers was observed on the seedling growth of *Raphanus sativus* L.

The bacterial strains were isolated from the rhizospheric soil of plants growing on different semi-arid and heavy metal contaminated regions near to Karabash, Russia. The isolated strains were screened for metal tolerance on Luria–Bertani's agar supplemented with 250 mg kg⁻¹ of Cu and drought tolerance ability was assessed on (5–25%) polyethylene glycol (PEG) 6000-infused tryptone-yeast extract-glucose (TYEG) broth [3]. The strains were further analyzed for their PGP attributes *viz.* indole-3-acetic acid, phosphate solubilization, siderophore production and ACC deaminase production [1–3]. To prepare the biofertilizer bacterial culture (10⁷ cfu mL⁻¹) grown for 24 h at 160 rpm and 28°C were mixed with biochar by keeping the moisture content of 40%.

Seeds of *R. sativus* belong to *Brassicaceae* family were selected to conduct the seedling growth experiment to examine the effects of biofertilizer under Cu stress of 10 mg L⁻¹ by Petri-plate assay. Different treatments were prepared by adding 2.5% and 5.0% of biochar with and without PGPRs. The growth parameters (root and shoot length and biomass) were determined after 5 days of growth period. The data reported were presented in mean and standard deviation from four replicates and were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test at $p < 0.05$ level of significance.

The bacterial isolates *Mycobacterium* sp. 13a and *Bacillus* sp. 16a identified by 16s rRNA gene sequencing showed positive results for indole-3-acetic acid, phosphate solubilization, siderophore production and ACC deaminase production whereas they were negative for hydrogen cyanide. Both strains were able to tolerate 250 mg kg⁻¹ of Cu along with drought stress of -0.73 MPa.

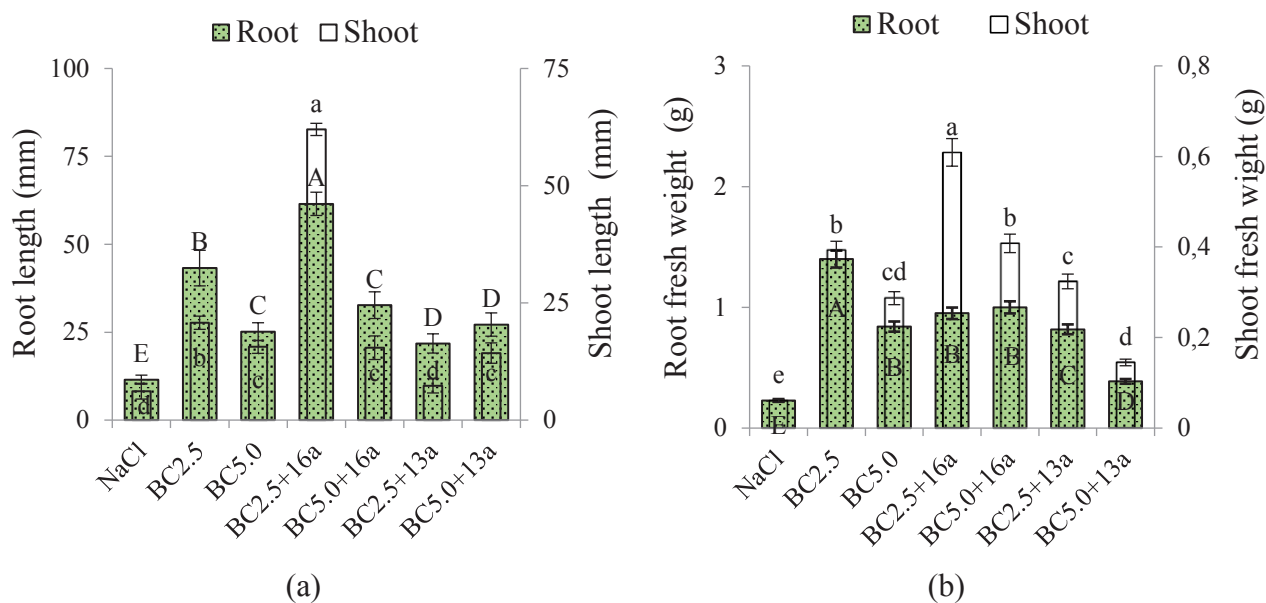


Figure. Root and shoot length (a), and root and shoot fresh weight (b) of *R. sativus* in biochar and biochar based biofertilizer after 5 days of seedling growth (Mean \pm SE, n = 80). Small and capital alphabetical letters represents significant difference for shoot and root, respectively at $p < 0.05$ level of significance according to Tukey's test

The Petri-plate assay results suggest application of biochar based biofertilizer enhanced the seed germination and biometric growth parameters of *R. sativus* (Figure). The root and shoot length of *R. sativus* found maximum for 2.5%BC+16a as compared to other treatments. Amongst both biochar based biofertilizer, *Bacillus* sp. strain 16a showed significantly higher fresh shoot biomass compared to *Mycobacterium* sp. strain 13a. No negative effect of Cu concentration was observed on the growth of the seedling under any treatment. Further, long-term studies are required to understand the main effect of biochar along with its influence on plant physiology and biochemistry.

The work was support by RFBR, Russia (Project No. 19-516-45006) and DST, India (INT/RUS/RFBR/363) and the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 02.A03.21.0006).

References

1. Tripti, Kumar A., Usmani Z., Kumar V., Anshumali // Journal of Environmental Management. 2017. Vol. 190. P. 20–27.
2. Sharma R., Sindhu S., Sindhu S. S. // Applied Soil Ecology. 2018. Vol. 129. P. 145–150.
3. Ma Y., Rajkumar M., Zhang C., Freitas H. // Journal of Hazardous Materials. 2016. Vol. 320. P. 36–44.

УДК 631.87

Г. Г. Борисова, М. Г. Малева, А. Атамбуре,
Д. К. Давыдова, Трипти

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
borisova59@mail.ru

ДРЕВЕСНЫЙ БИОЧАР КАК БИОДОБАВКА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РОСТА *PHACELIA TANACETIFOLIA*

Ключевые слова: фацелия пижмолистная, биоуголь, параметры роста, биомасса.

Современное сельское хозяйство полностью или частично зависит от применения химических удобрений и пестицидов, однако при этом нередко возникают экологические и пищевые риски. Различные органические удобрения в течение десятилетий успешно используются в сельском хозяйстве, в то время как вопросы, связанные с применением биочара (БЧ) в аграрном секторе, изучены недостаточно [1–3].

Биочар, или биоуголь – это продукт низкотемпературной утилизации отходов биологического происхождения методом непрерывного пиролиза (термического разложения органической биомассы в отсутствие или с малым доступом кислорода) [2]. Имеются сведения, что добавление БЧ в почву улучшает ее структуру, способствует удерживанию влаги, стимулирует микробиологическую активность, ускоряет рост культурных растений и увеличивает их урожайность [1–4]. Биочар способствует секвестрации углерода, что имеет большое значение в смягчении последствий глобального изменения климата [3]. Благодаря своим физико-химическим свойствам он может выступать в качестве материала-носителя бактерий для приготовления биоудобрений. Использование растительных отходов для приготовления биочара может помочь в решении проблемы их утилизации [3–5].

Цель работы – оценить влияние возрастающих концентраций БЧ на параметры роста *Phacelia tanacetifolia* Venth. (фацелия пижмолистная) в горшечных культурах для выявления наиболее оптимальной дозы, рекомендуемой в дальнейшем в качестве биоудобрения. Объект исследования – однолетнее травянистое растение, получившее широкое распространение как сидерат и медонос и обладающее лечебными свойствами.

Эксперименты проводили с использованием биочара, изготовленного отечественным производителем (ООО «ДианАгро», г. Новосибирск, Россия) из древесины березы. В горшки объемом 400 мл добавляли стерильный почвенный субстрат на основе торфяного садового почвогрунта с добавлением БЧ в концентрациях 2,5; 5; 7,5 и 10% (по объему). Контролем служил субстрат без добавления БЧ. В каждый горшок высаживали по 15 семян. Повторность – шестикратная. Растения выращивали в течение 56 суток (рисунок) при естественном освещении. В процессе проведения эксперимента изучены следующие параметры: количество и площадь листьев, длина побегов и корней, сырая и сухая надземная и подземная биомасса.

Добавление БЧ в почву ускоряло прорастание семян по сравнению с контролем. Особенно отчетливо это проявлялось при концентрации БЧ 10%. Среднее количество листьев на одном растении между вариантами существенно не различалось. Однако при добавлении

БЧ $\geq 5\%$ площадь листа была выше по сравнению с контролем в среднем в 1,3 раза. При этом наибольшей площадью листа отличались растения при концентрации БЧ 7,5%.

Максимальная длина побега была отмечена у *P. tanacetifolia* при добавлении 7,5 и 10% БЧ, в то время как по длине корней достоверных различий не было выявлено.

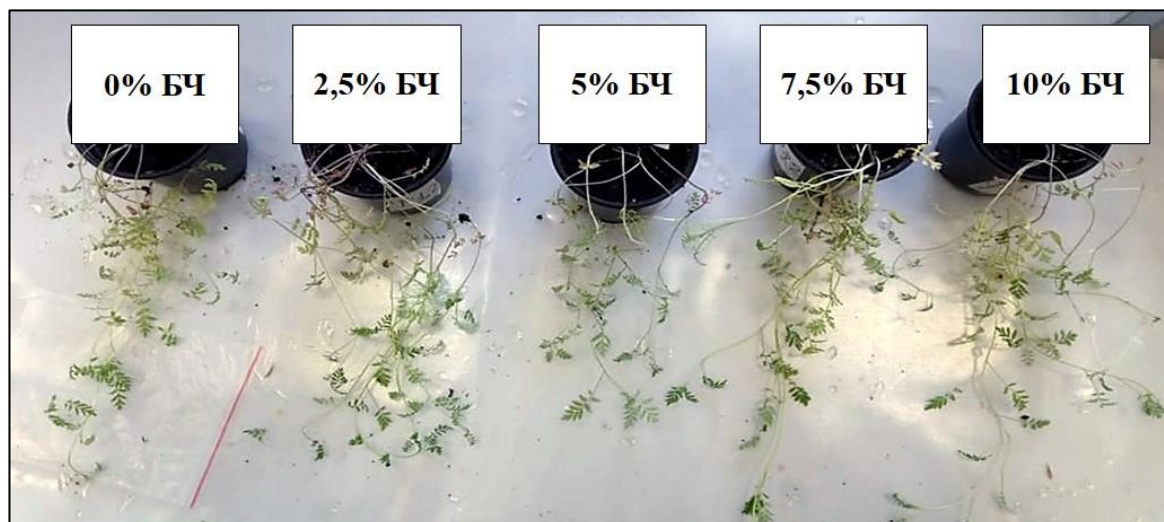


Рисунок. Внешний вид побегов *P. tanacetifolia* после 56 суток выращивания в горшечных культурах с добавлением разных концентраций биочара (БЧ)

Величина сырой биомассы побегов *P. tanacetifolia* была существенно выше (в 1,3 раза по сравнению с контролем) при добавлении 7,5% и 10% БЧ. Аналогичная тенденция была отмечена и для сухой биомассы побегов, в то время как по биомассе корней варианты различались в меньшей степени. В целом было показано, что повышение концентрации БЧ от 2,5 до 7,5% увеличивало параметры роста *P. tanacetifolia*, а далее они существенно не изменялись. Вероятно, использование БЧ в концентрации $\geq 5\%$ улучшало физико-химические свойства почвы и способствовало росту растений, обеспечивая благоприятный водно-воздушный и питательный режим.

Таким образом, добавление БЧ в почву в большинстве случаев положительно влияло на параметры роста (площадь листьев, длину побегов и их общую биомассу) *P. tanacetifolia*. Наилучшие результаты наблюдались при добавлении БЧ в концентрации 7,5%, а наименьший эффект – при 2,5%. Для лучшего понимания механизмов действия БЧ на физиологические и биохимические параметры растений необходимы дальнейшие исследования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и ДНТ в рамках научного проекта №19-516-45006, и Министерства науки и высшего образования РФ, соглашение № 02.A03.21.0006.

Список литературы

1. Major J., Rondon M., Molina D. et al. // Plant and Soil. 2010. Vol. 333. P. 117–128.
2. Purakayastha T. J., Kumari S., Biswas S. et al. // Chemosphere. 2019. Vol. 227. P. 345–365.
3. Atkinson C. J., Fitzgerald J. D., Hipps N. A. // Plant and Soil. 2010. Vol. 337. P. 1–18.
4. Jeffery S., Verheijen F. G. A., van der Velde M., Bastos A. C. // Agriculture, Ecosystems & Environment. 2011. Vol. 144. P. 175–187.
5. Bayabil H. K., Stoof C. R., Lehmann J. C. et al. // Geoderma. 2015. Vol. 243–244. P. 115–123.

УДК 632.938.2

Г. Л. Бурьгин^{1,2}, Ю. В. Красова¹, Ю. В. Горшков³,
О. В. Ткаченко², С. Ю. Щеголев¹

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН,
410049, Россия, г. Саратов, просп. Энтузиастов, 13,

²Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова,
410012, Россия, г. Саратов, Театральная пл., 1,
buryingl@gmail.com,

³Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН,
420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31,
gvy84@mail.ru

БАКТЕРИАЛЬНЫЕ МАКРОМОЛЕКУЛЫ КАК АКТИВАТОРЫ ФИТОИММУНИТЕТА

Ключевые слова: фитоиммунитет, бактерии, рецепторы, флагеллин, липополисахарид.

Негативное влияние фитопатогенных бактерий на урожайность сельскохозяйственных культур огромно и широко распространено во всём мире. Перспективным направлением борьбы с бактериальными болезнями растений является применение рост-стимулирующих ризосферных микроорганизмов, являющихся антагонистами патогенов. Однако в большинстве случаев механизмы взаимодействия между бактериями разных видов остаются неизвестными. Одним из наиболее вероятных путей повышения устойчивости инокулированных растений к фитопатогеном является повышение уровня системной устойчивости под действие ризосферных бактерий [1].

Бактериальными активаторами, непосредственно воздействующими на фитоиммунитет растений, являются поверхностные макромолекулы, описанные для животных как О- и Н-антигены. В последние годы существенно расширилось наше понимание молекулярных механизмов взаимодействия бактериальных макромолекул с растительными организмами, за счёт установления функционирования несколько растительных рецепторов к бактериальным флагеллинам и липополисахариду [2, 3]. В частности, для флагеллин-связывающего рецептора FLS2 с помощью рентгеноструктурного анализа установлены параметры специфического узнавания бактериального лиганда [4], что позволяет сравнивать флагеллины бактерий по их активности связывания с рецептором.

В докладе будут обсуждены достижения мировой науки последних лет в области изучения рецепции растениями бактериальных макромолекул, являющихся активаторами реакций фитоиммунитета. На примере ризосферных рост-стимулирующих бактерий родов *Azospirillum* и *Ochrobactrum*, имеющих существенные различия в аминокислотных последовательностях в составе «узнаваемых» растениями фрагментов флагеллинов, установлена существенно более высокая активность флагеллина бактерий *Ochrobactrum* в активации ответных реакций растений. Также предполагается, что гликозилирование флагеллинов бактерий рода *Azospirillum* [5] является одним из важных аспектов снижения фитоиммунитета при колонизации этими бактериями растений.

Для бактериальных липополисахаридов некоторых ризосферных бактерий, в отличие от флагеллинов, показана стимулирующая активность по отношению к растениям [6] на фоне активации салицилатного пути фитоиммунитета. Несмотря на слабое изучение молекулярных механизмов активации ответных реакций растений на действие липополисахаридов, в 2018 году был описан первый растительный рецептор к липиду А этих макромолекул [3]. Однако многогранность эффектов, оказываемых липополисахаридами на растения, позволят предположить существования нескольких типов рецепторов, в том числе на специфический олигосахаридный компонент О-антигена.

В целом, накопленная информация об активации бактериальными макромолекулами реакций фитоиммунитета позволяет использовать флагеллины и липополисахариды для регуляции гормонального статуса растений и повышения их устойчивости к патогенам *in vitro*. Кратковременность оказываемых эффектов при действии препаратов флагеллинов и липополисахаридов ограничивает целесообразность их использования при культивировании растений в оранжереи или в полевых условиях. В связи с этим перспективным следует признать развитие методов по инокуляции растений ризосферными и эндофитными бактериальными штаммами, которые способны продуцировать макромолекулы, поддерживающие оптимальный уровень фитоиммунитета в течение всего вегетативного периода.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 16-04-01444 и 19-016-00116.

Список литературы

1. *Siddiqui Z. A.* PGPR: Prospective Biocontrol Agents of Plant Pathogens. PGPR: Biocontrol and Biofertilization / Ed. by Z. A. Siddiqui. Springer Netherlands, 2006. P. 111–142.
2. *Fliegmann J., Felix G.* // Nature Plants. 2016. Vol. 2. P. 1–2.
3. *Desaki Y., Kouzai Y., Ninomiya Y. et al.* // New Phytologist. 2018. Vol. 217. P. 1042–1049.
4. *Sun Y., Li L., Macho A. P. et al.* // Science. 2013. Vol. 342. P. 624–628.
5. *Shirokov A., Budanova A., Burygin G. et al.* // International Journal of Biological Macromolecules. 2020. Vol. 147. P. 1221–1227.
6. *Sigida E. N., Kargapolova K. Y., Shashkov A. S. et al.* // International Journal of Biological Macromolecules. 2020. Vol. 154. P. 1375–1381.

УДК 577.13:582.32

Л. Р. Валеева¹, Э. Дэгью², М. Холл², Е. В. Шакиров^{1,2}

¹ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
420021, Россия, г. Казань, ул. Парижской коммуны, д. 9,

²Отделение биологических наук, Научный колледж, Университет Маршалла,
25755, США, Западная Вирджиния, г. Хантингтон,
liarvaleeva@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ВНЕКЛЕТОЧНЫХ МЕТАБОЛИТОВ МХОВ *PHYSCOMITRELLA PATENS* И *CERATODON PURPUREUS*

Ключевые слова: бриофиты, вторичные метаболиты, антибактериальная активность.

Поиск новых природных биологически активных соединений является одним из перспективных направлений в биотехнологии. В частности, особое внимание уделяется соединениям, являющимся основой для создания препаратов для применения в медицине и сельском хозяйстве. Огромное структурное и функциональное разнообразие соединений, получаемых в живых системах, превосходящее химически синтезированные аналоги, является их несомненным преимуществом. Кроме того, такие соединения возможно получать непосредственно в организмах-продуцентах, в то время как не для всех веществ разработаны налаженные способы химического синтеза. Также в отличие от химически синтезированных аналогов, такие препараты менее агрессивны, что является важным аспектом в медицине, ветеринарии и агроиндустрии.

Биологически активные соединения растительного происхождения тысячелетиями используются в различных областях жизнедеятельности человека и прежде всего в медицине. Существует огромное количество примеров соединений, получаемых из растений, обладающих противомикробной, ранозаживляющей, противораковой, антитромботической активностью. Так, наиболее известными примерами широко используемых в настоящее время фармацевтических препаратов растительного происхождения являются ацетилсалициловая кислота (изначально выделялась из ивовой коры), артемизинин (препарат из *Artemisia annua* против тропической малярии), таксол (противораковый препарат), винкристин (противораковый препарат). Кроме того, широко известными примерами природных растительных соединений являются терпеноиды, многие из которых используются как промышленные химикаты и ароматизаторы [1].

Однако большинство соединений растительного происхождения получают из цветковых растений, тогда как метаболиты других групп царства растений остаются менее изученными. В то же время, известно, что бриофиты (мхи, печеночники и антоцеротовые мхи) являются продуцентами различных уникальных вторичных метаболитов, обладающих антибактериальной и фунгицидной активностью [2–6]. Повсеместное распространение бриофитов, способность колонизировать экстремальные места обитания, неполные данные о метаболизме, а также простота культивирования в лабораторных условиях и активно развивающиеся геномные исследования бриофитов делают их крайне перспективными объектами в исследованиях, направленных на обнаружение новых биологически активных соединений с уникальными свойствами. Таким образом, вторичные метаболиты и другие

соединения, синтезируемые бриофитами, представляют огромный интерес в качестве новых противомикробных, антиоксидантных и ростостимулирующих агентов.

Цель работы – обнаружение секретируемых метаболитов мхов с антибактериальной активностью. В работе использовали листостебельные мхи видов *Physcomitrella patens* (экотип Gransden, Великобритания) и *Ceratodon purpureus* (линии GG1 и RW40, США). Для получения внеклеточных метаболитов растения выращивали в жидкой минеральной среде BCD [7] в течение 1, 2 и 4 недель. Экссудаты мхов высушивали лиофильно и растворяли в стерильной воде (MilliQ). Полученные растворы наносили на стерильные целлюлозные диски. Антибактериальную активность определяли с помощью диско-диффузионного метода по отношению к штаммам бактерий грамположительного и грамотрицательного морфотипов *Staphylococcus aureus* ATCC 23295, *Streptococcus pyogenes* ATCC 12344, *Enterococcus faecium* ATCC 35667, *Salmonella typhimurium* и *Serratia marcescens* SM6. Нами было показано, что экссудаты мха *P. patens* обладают антибактериальной активностью против грамположительных бактерий. Наибольшая зона ингибирования роста была обнаружена в экссудатах, полученных при культивировании в течение 2-х недель, и составила $13,1 \pm 0,29$ мм для *S. aureus* ATCC 25923. Определили минимальную ингибирующую концентрацию (МИК) экссудата *P. patens* для штаммов грамположительных бактерий: для *S. aureus* ATCC 25923 – 6,25 мг/мл, для *E. faecium* ATCC 35667 – 12,5 мг/мл, для *S. pyogenes* ATCC 12344 – 6,25 мг/мл. Антибактериальной активности экссудатов *P. patens* против использованных бактерий грамотрицательного морфотипа не обнаружено. Также внеклеточная культуральная среда мхов *C. purpureus* GG1 и RW40 не проявила антибактериальной активности ни на одном из штаммов бактерий, использованных в качестве тестовых культур.

Таким образом, нами обнаружена значительная антибактериальная активность внеклеточных метаболитов мха *P. patens* (Gransden) против грамположительных бактерий. Учитывая то, что использованные нами тестовые штаммы являются представителями групп бактерий – условных патогенов человека, полученные нами данные являются первым этапом в обнаружении новых активных антибактериальных соединений, которые в дальнейшем могут быть использованы в медицине.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-016-00146 а.

Список литературы

1. Zwenger S., Basu C. // Biotechnology and Molecular Biology Reviews. 2008. Vol. 3. P. 1–7.
2. Asakawa Y. // Pure and Applied Chemistry. 2007. Vol. 79(4). P. 557–580.
3. Asakawa Y., Ludwiczuk A. // Journal of Natural Products. 2018. Vol. 81. P. 641–660.
4. Asakawa Y., Ludwiczuk A., Nagashima F. // Phytochemistry. 2013. Vol. 91. P. 52–80.
5. Frahm J. P. // The Bryologist. 2004. Vol. 107. P. 277–283.
6. Beike A. K., Decker E., Wolfgang F. et al. // Applied Bryology Bryotechnology. Tropical Bryology. 2010. Vol. 31. P. 22–32.
7. Cove D. J., Perroud P. F., Charron A. J. et al. // Cold Spring Harbor Protocols. 2009. Vol. 2. P. 1–7.

УДК 579.67:581.1

М. Дарказанли, И. С. Киселева, О. С. Синенко

Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
mdarkazanli@urfu.ru

РОЛЬ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ В ПОДДЕРЖАНИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ ГОРОХА

Ключевые слова: *Bacillus subtilis*, *Methylobacterium* sp., эндофитные бактерии, горох, фотосинтез, устойчивость растений к ионам меди.

Напряженность проблемы продовольственной и экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения вызывает необходимость широкого внедрения в сельскохозяйственное производство методов, дружественных окружающей среде. Использование в сельском хозяйстве микроорганизмов, способствующих росту растений, является недорогой и экологически чистой технологией для повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Термин «эндофиты» был предложен в 1866 году Антоном де Бари для обозначения всех организмов, полностью или частично находящихся в пределах тканей растений [1].

Ассоциация эндофита и растения часто описывается как пример симбиоза. Микроорганизм-эндофит выделяет вещества, способствующие росту растения или антибиотические вещества, подавляющие развитие патогенов или предотвращающие заражение здорового растения патогенами [2].

Проведена стерилизация семян гороха (с использованием 70% этанола в течение 1 мин, 2% гипохлорита натрия в течение 5 мин и 0,2% хлорида ртути в течение времени 30 сек.). Простерилизованные семена инокулировали культурами бактерий с концентрацией 8 log КОЕ/мл, приготовленными в лабораторных условиях. Изучена способность *Methylobacterium* sp. и *B. subtilis* стимулировать рост растений гороха и повышать их устойчивость к тяжелым металлам, в частности, меди.

Третий настоящий лист растений использовали для оценки скорости фотосинтеза. Скорость ассимиляции CO₂ регистрировали с помощью LiCor 6400XT, 23°C, PAR 1500 $\mu\text{моль}/(\text{м}^2 \text{ с})$. Уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) определяли в контрольных условиях и при действии меди (0,05 М CuSO₄, экспозиция – 2 часа).

Результаты исследований показали, что уровень ассимиляции CO₂ был выше у инокулированных растений по сравнению с выращенными из стерильных семян. Фотосинтез был выше у растений гороха, инокулированных *B. subtilis*, чем в случае *Methylobacterium* sp.

Количество хлорофилла *a* было более высоким у растений, инокулированных *B. subtilis* (1,4 мг/г сырого веса); наименьшее значение отмечено у стерильных растений (0,95 мг/г сырого веса). Таким образом, можно предположить, что эндофитные бактерии стимулировали фотосинтетическую функцию растений гороха.

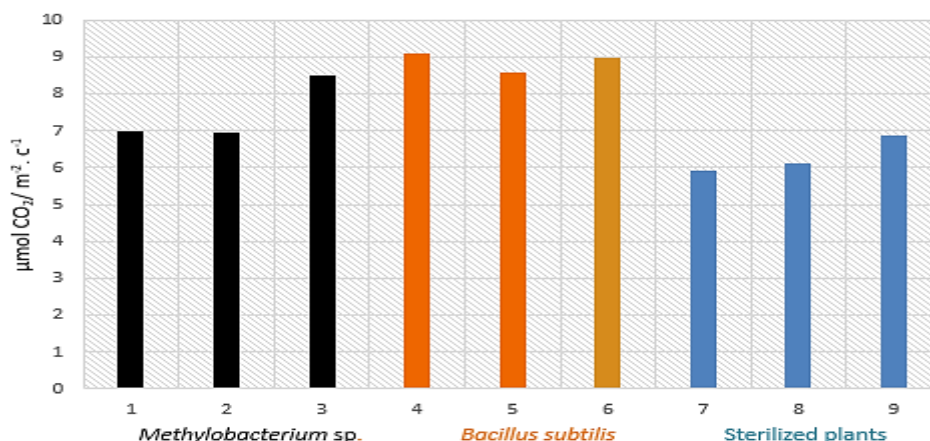


Рисунок 1. Фотосинтез (µмоль CO₂/м² с) инокулированных бактериями и выращенных из стерильных семян растений гороха

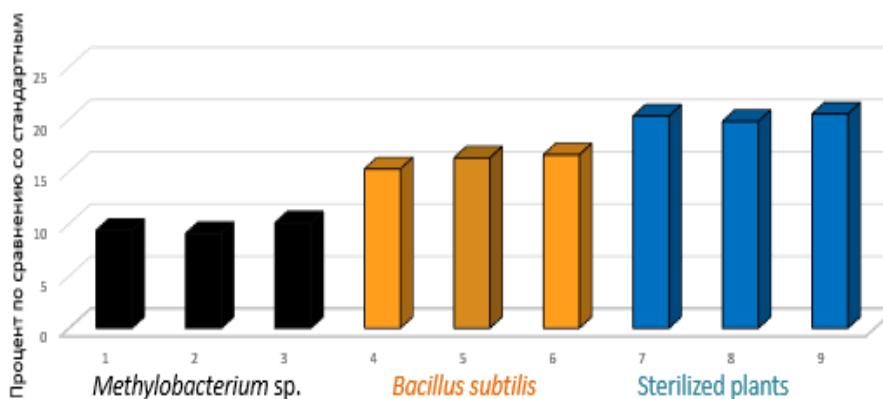


Рисунок 2. Повышение уровня ПОЛ (%) в условиях стресса (0,05 М CuSO₄, 2 часа) у инокулированных и стерилизованных растений гороха в сравнении с контролем (H₂O)

При действии ионов меди уровень ПОЛ увеличивался на 9% у растений, инокулированных *Methylobacterium* sp., на 15% – инокулированных *B. subtilis*, и на 20% – у стерилизованных, по сравнению с контролем (рис. 2).

Таким образом, эндофитные бактерии могут не только стимулировать рост сельскохозяйственных культур, но и повышать их устойчивость к тяжелым металлам, вероятно, за счет снижения фитотоксичности последних из-за изменения их биодоступности, как показано ранее и другими авторами [3].

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и ДНТ в рамках научного проекта №19-516-45006 и Министерства науки и высшего образования РФ, соглашение № 02.А03.21.0006.

Список литературы

1. Tadych M., White J. F. // Encyclopedia of Microbiology. 2009. Vol. 1. P. 431–442.
2. Ardanov P., Sessitsch A., Häggman H. // PLoS One. 2012. V. 7.
3. Lodewyckx C., Vangronsveld J., Porteous F. // Critical Reviews in Plant Sciences. 2002. Vol. 21. P. 583–606.

УДК 632.937

С. А. Доброхотов, А. И. Анисимов, У. Б. Рогозева

*ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский Государственный Аграрный Университет,
196601, Россия, г. Санкт-Петербург, Петербургское шоссе, 2,
dobrohotov-s@mail.ru*

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ КАПУСТЫ

Ключевые слова: биологическая защита растений, органическое земледелие, капуста, вредные насекомые, биологическая система защиты.

Комплексную биологическую защиту капусты от вредных насекомых мы испытали на опытном участке Ленинградской областной станции защиты растений (п. Шушары) еще в 2000 году. Для борьбы с крестоцветными блошками применили опытный образец микробиологического препарата Бацикол, производства ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии. Для борьбы с капустными мухами делали пролив почвы под растениями биопрепаратом на основе энтомопатогенных нематод (ЭПН) под названием Немабакт. Для борьбы с листогрызущими вредителями – гусеницами капустной моли, белянок использовали зарегистрированный микробиологический препарат Битоксибациллин (БТБ-202). Защиту капусты удалось провести без использования химических средств защиты растений. Однако в связи с высокой стоимостью Немабакта (10 тыс. руб. в расчёте на 1 га) экономическая эффективность биологической защиты (окупаемость затрат) была очень низкой, значительно уступала химической защите – с использованием Карбофоса.

В дальнейшем оценивали биологическую эффективность различных технологий внесения Немабакта. Установили, что наиболее эффективным способом является внесение препарата в кассеты, перед высадкой рассады на постоянное место в поле. Это было новым для науки. Производственные опыты, проведённые в АОЗТ «Приневское» в 2005 году, показали возможность внесения Немабакта непосредственно в теплицах, также в кассеты с питательной средой, механизированным способом. Два препарата, разработанные под руководством д.б.н. Л.Г. Данилова из ВИЗРа – Немабакт и Энтонем-Ф, были включены в Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, в том числе и для борьбы с капустными мухами на капусте. Бацикол до сих пор не имеет государственной регистрации.

В 2008 году вышло Постановление (ведомственное) главного санитарного врача России Г. Онищенко, определившего понятие органический продукт и способы его получения. Фактически этот документ был «слепком» с западно-европейских регламентов по органическому земледелию, которые в странах ЕС разработаны ещё в 1992 году. В России первые законодательные документы на федеральном уровне появились лишь в 2016 году. Закон об органическом земледелии вступил в силу с 1 января 2020 года.

С 2010 года мы продолжили работу в плане поиска средств защиты капусты, приемлемых для технологий её выращивания в органическом земледелии, так как защищать культуру в хозяйствах этого направления от крестоцветных блошек не было чем (нет зарегистрированных препаратов и сейчас). Часть исследований была опубликована в соавторстве с д.б.н., профессором СПбГАУ А.И. Анисимовым.

Эта работа продолжилась уже в учебно-опытном саду СПбГАУ на участках органического и биологического земледелия, с 2015 года с участием аспиранта У.Б. Рогозевой.

Было испытано более 20 препаратов для борьбы с крестоцветными блошками, капустными мухами, капустной молью и белянками, оценена их биологическая, а в некоторых случаях и экономическая эффективность. Это позволило нам, в 2018 году, в содружестве с другими исследователями – д.б.н. Ф.Я. Яркуловым, к.б.н. С.Д. Гришечкиной представить систему биологической защиты растений капусты от вредных насекомых [1]. Основные положения системы биологической защиты капусты приводим.

1. Против капустных мух: а) внесение Немабакта и Энтонема-Г в кассеты с рассадой в теплицы за 1–2 дня до высадки рассады в поле, из расчёта 100–150 тыс. инвазионных личинок на растение. Пролив под растения капусты при появлении личинок в наших опытах был значительно менее эффективным. б) внесение биопрепарата Метаризина, на основе энтомопатогенного гриба, в лунки при посадке капусты, из расчёта 55–60 млн. спор в мл рабочего раствора, по 0,5 л рабочей суспензии под 1 растение. В рабочую жидкость необходимо добавить минеральные удобрения (желательно азотные) из расчёта 0,8–1,0 кг на 100 л раствора для повышения активности гриба. Рабочую суспензию используют в течение 1–2 ч. после приготовления, иначе споры гриба в растворе погибнут.

При появлении личинок мух пролив под корень повторяют, при тех же нормах расхода препарата. Биологическая эффективность (БЭ) препарата при двукратном применении достигает 69–76%. Опрыскивание растений даёт меньший эффект, БЭ составляла 56%.

2. Против крестоцветных блошек: а) внесение Немабакта и Энтонема-Г с поливной водой в лунки в питательный субстрат рассады, выращенный в кассетах, (1/2 часть нормы) при посадке капусты и сразу же (1/2 часть нормы) после высадки, по почве и растениям. Указанный прием позволяет бороться с личинками, развивающимися на корешках капусты.

б) применение биохимического препарата Фитоверма в концентрации рабочего раствора 0,8–1,0% (1–2-х кратная обработка) при достижении численности вредителя ЭПВ (экономический порог вредоносности). б) опрыскивание Бациколом в жидкой форме в концентрации 4–5%, из расчёта 20–25 л/га (1–3 обработки).

3. Против капустной моли, капустной и репной белянок применяют Фитоверм в концентрации 0,4%, 1%-ный Битоксибациллин или 1%-ный Лепидоцид. В зонах сильной вредоносности рекомендуется проводить 1–2 обработки биопрепаратами против каждого поколения чешуекрылых листогрызущих вредителей.

Применение биологической системы защиты капусты повышает эффективность природных энтомофагов, позволяет их сохранить, ещё больше возрастает БЭ микробиологических и биохимических препаратов. Разработанная система оздоравливает экологическую обстановку в агроценозах, способствует получению чистой, свободной от остаточных количеств пестицидов диетической, органической продукции.

Указанную систему защиты капусты от вредных насекомых можно взять за основу в других регионах России. Для органического земледелия нами разработана и система применения удобрений.

Список литературы

1. *Доброхотов С. А., Анисимов А. И., Рогозева У. Б. и др.* Биологическая система защиты капусты от вредителей // Биологическая защита растений – основа стабилизации агроэкосистем: Материалы Международной научно-практической конференции. Вып. 10. Краснодар, ВНИИБЗР, 2018. С. 195–199.

УДК 632.8:58.04

А. А. Ермошин, О. С. Синенко, И. В. Никконен,
В. В. Новиков, И. С. Киселева

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620000, Россия, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51,
Alexander.Ermoshin@urfu.ru

ЭКСТРАКТЫ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ СНИЖАЮТ ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНОВ КАДМИЯ У ЯЧМЕНЯ

Ключевые слова: кадмий, экстракты грибов, ячмень, рост, пигменты.

Тяжелые металлы (ТМ) токсичны для живых организмов, вызывают разрушение дисульфидных мостиков белков и образование в клетках активных форм кислорода, что приводит к окислительной деградации многих биологических молекул. В ряду ТМ особое место занимает кадмий как высокотоксичный неэссенциальный элемент. Загрязнение почв, в том числе, сельскохозяйственных, этим токсикантом является актуальной проблемой Уральского региона. Поэтому важен поиск дешевых и безопасных фитопротекторных препаратов, снижающих его негативное действие, например, полученных из растительного сырья, отходов пищевого и биотехнологического производства. Возможным источником БАВ для этих целей являются метаболиты высших грибов.

Ячмень (*Hodreum vulgare* L.) – одна из древнейших агрокультур, занимает второе место среди возделываемых в России злаков и первое на Урале. Цель исследования – оценка экстрактов ксилотрофных грибов как возможных источников биопрепаратов-антитоксикантов.

Изучено действие 250 мкМ Cd^{2+} на начальные этапы развития ячменя в присутствии водно-спиртовых экстрактов (1 мг/мл) дереворазрушающих грибов *Inanotus obliquus*, *Ganoderma applanatum*, *Fomes fomentarius*, *Fomitopsis pinicola*. Эти виды широко распространены на территории России. Чага (*I. obliquus*) традиционно используется в медицине как источник антиоксидантов и хелаторов. *G. applanatum*, близкий родственник трутовика лакированного или рейши, применяемого в восточной медицине. Два других вида имеют широкое распространение, образуют крупные базидиомы. Их химический состав и биологическое действие активно изучаются. Применение препаратов из этих видов в растениеводстве не известно. Растения выращивали на гидропонике в течение 5 дней. Концентрацию Cd^{2+} и экстрактов подбирали в предварительном эксперименте.

Cd^{2+} вызывал снижение частоты образования корней на 39%, экстракты грибов – на 18 – 53%. При совместном действии экстрактов и Cd^{2+} частота образования корней была выше, чем только при действии Cd^{2+} , а в случае *I. obliquus* и *G. applanatum* достоверно превышала контроль (таблица). Экстракты грибов не влияли на длину корней, в то время как ионы кадмия подавляли их рост на 95%. Совместное применение Cd^{2+} и экстрактов грибов в значительной степени снимало негативное действие кадмия: длина корней составляла 29–42% от контроля и в 5,3–8,1 раза превышала длину корня в варианте с Cd^{2+} . Лучший эффект показали *I. obliquus* и *F. pinicola*. Экстракты грибов не влияли на длину побега, кроме *F. pinicola*, который подавлял рост на 25%, тогда как ионы кадмия на 44%. При добавлении экстрактов токсичность

кадмия снижалась: длина побега увеличивалась в 1,2–1,4 раза, достигая 69–78% от контроля (таблица).

Таблица

Морфометрические показатели проростков ячменя (* – отличия от контроля достоверны, при $p < 0,05$; x – отличия от варианта с Cd^{2+} достоверны при $p < 0,05$)

Вариант	Число проростков с корнями, %	Число проростков с побегами %	Длина корней, мм	Высота побега, мм
Контроль	67,5±8,7	37,3±5,4	41,8±1,5 ^x	45,4±2,6
Cd^{2+} 250 мкМ	41,2±3,5*	37,5±7,1	2,3±0,2*	25,5±2,1*
<i>I. obliquus</i> , 1 мг/мл	55,0±0	45,0±0	41,1±1,2 ^x	45,3±1,2 ^x
<i>G. applanatum</i> , 1 мг/мл	32,5±7,1*	28,8±8,8	40,7±2,4 ^x	45,8±3,7 ^x
<i>F. fomentarius</i> , 1 мг/мл	36,3±1,8*	26,3±1,7	46,9±2,0 ^x	54,6±2,5 ^{**x}
<i>F. pinicola</i> , 1 мг/мл	42,5±21,2	27,5±14	34,1±2,2 ^x	34,0±4,4 ^{**x}
<i>I. obliquus</i> + Cd^{2+}	82,5±10,6 ^{**x}	61,3±22,0	18,6±1,1 ^{**x}	31,4±1,1*
<i>G. applanatum</i> + Cd^{2+}	87,5±3,5 ^{**x}	57,5±3,5 ^{**x}	12,6±1,0 ^{**x}	35,4±3,0 ^{**x}
<i>F. fomentarius</i> + Cd^{2+}	71,3±5,3 ^x	45,0±3,5	12,4±0,5 ^{**x}	32,4±1,2 ^{**x}
<i>F. pinicola</i> + Cd^{2+}	76,3±8,8 ^x	38,8±12	18,3±1,3 ^{**x}	32,4±2,1 ^{**x}

Ионы кадмия и экстракт чаги снижали содержание хлорофиллов, однако их совместное применение приводило к повышению показателя до уровня контроля или превышало его, за исключением *F. fomentarius*. Содержание каротиноидов в варианте с Cd^{2+} было ниже почти в 2 раза в сравнении с контролем, экстракты грибов не влияли на этот показатель, а их добавление нейтрализовало негативное действие Cd^{2+} (рисунок).

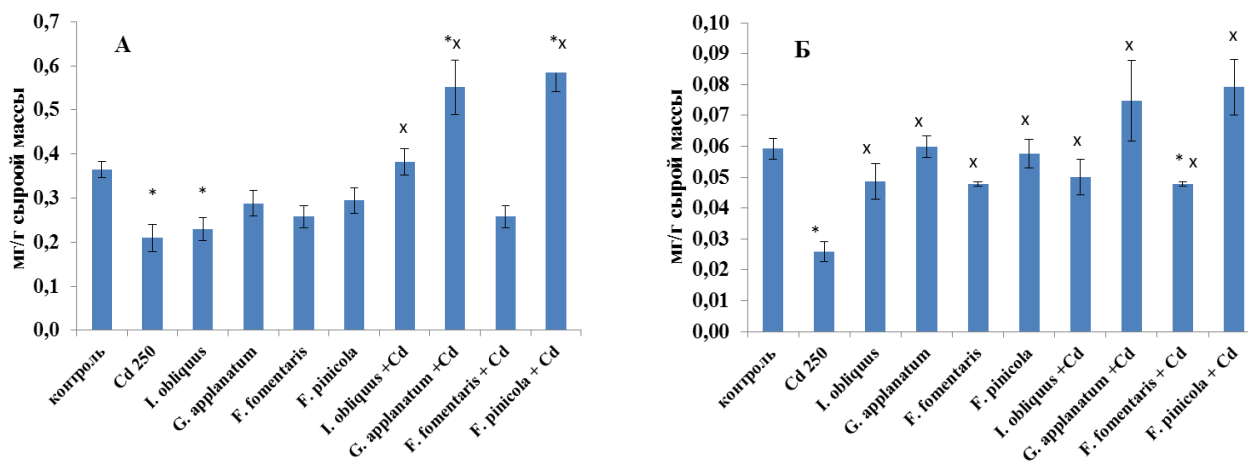


Рисунок. Содержание хлорофиллов (А) и каротиноидов (Б) в проростках ячменя

Таким образом, экстракты грибов снижали токсическое действие кадмия на ранних этапах роста ячменя. Наибольший эффект имели экстракты *I. obliquus*, *G. applanatum* и *F. pinicola*. Эти виды показали эффективность в низких дозах, имеют большие запасы биомассы, что позволяет рекомендовать их для создания фитопротекторных биопрепаратов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-44-660011 и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 02.А03.21.0006).

УДК 635.21:633.49

**В. Н. Зейрук¹, С. В. Васильева¹, Г. Л. Белов¹,
О. В. Абашкин¹, М. К. Деревягина¹, В. А. Барков²**

*¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»
(ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»),
140051, Московская обл., г. Люберцы,
д.п. Красково, ул. Лорха, 23, литер В,
²АО «Фирма «Август»,
vzeyruk@mail.ru*

ПРИЕМЫ БИОЛОГИЗАЦИИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

Ключевые слова: картофель, технологии, биологизация, эффективность.

Получение экологически чистого продовольствия – это здоровье нации, улучшение жизни граждан, процветание будущих поколений. Проблема производства качественного и безопасного «второго хлеба» очень непростая, даже сложная. Попробовав продуктов Запада, россияне начали осознавать необходимость питания экологически чистыми, безопасными продуктами, производимыми в России, для сохранения здоровья и долголетия. При этом переход к адаптивному землеустройству означает реализацию системы мероприятий по дифференцированному использованию неравномерно распределенных во времени и пространстве местных природных ресурсов: плодородия почвы, запасов влаги, температурного и питательного режимов, сортов, технологии и т.д. [1].

Одним из главных подходов к решению этого вопроса является испытание и применение в производстве экологически безопасных приемов защиты от патогенов семенного и продовольственного картофеля.

Целью наших исследований было изучение комплекса защитных, экологически безопасных приемов и их биологической, хозяйственной и экономической оценки. Закладку опытов и основные учеты проводили в соответствии с Методиками ВНИИКХ [2], статистическую обработку полученных данных по Б.А. Доспехову [3].

При переходе к альтернативным системам земледелия резко возрастает роль севооборотов [1]. Сотрудниками института получены многолетние данные по отработке технологического процесса защиты картофеля от болезней и вредителей в условиях четырехпольных севооборотов с насыщением картофеля 100%, 75%, 50% и 25%. Доказана целесообразность применения в хозяйствах различных форм собственности специализированных севооборотов с чередованием культур: 1. Ячмень – (овес+горох) – озимая пшеница – картофель; 2. Ячмень+клевер – клевер 1-го года пользования – клевер 2-го года пользования – картофель. При этом происходило уменьшение поражения урожая ризоктониозом в 2 раза, а паршой обыкновенной – в 3,6 раз. Возрастает активность полезной энтомофауны в 1,6 раз по сравнению с бессменной культурой картофеля. Выявлено, что повышается микробиологическая активность почвы, усиливается минерализация ее органических соединений, растет выход здоровой продукции, прибавка урожая достигала 24,2 – 36,5% в сравнении с контрольным вариантом.

До 50% защитного эффекта составляет сорт. Ежегодно к основным патогенам тестируется от 150 до 200 сортов в лабораторных и полевых условиях. Определены более устойчивые сорта к альтернариозу, фитофторозу, бактериозам, фузариозам. Комплексом болезней слабее поражались сорта Брянский деликатес, Голубизна, Инноватор, Колобок, Любава, Леди Розетта, Победа, Резерв, Русский сувенир, Удача, Никулинский, Чародей, Эффект [4].

Одним из важнейших, простейших и экологически безопасных приемов борьбы с клубневыми инфекциями является прогревание и озеленение клубней с двойной последующей переборкой. Это уменьшало в 2,1 раза количество больных клубней, прежде всего с поражениями ризоктониозом, сухими и мокрыми гнилями. Нашими исследованиями было выявлено, что прибавка валового урожая при междурядье 90 см достигала 6,3 т/га по сравнению с контрольным вариантом (междурядье 70 см). Количество больных клубней в урожае снижалось до 2,1%.

Установлена эффективность совместного применения регуляторов роста с протравителями (Вигор Форте+Гуми 20) в композициях с Максимом, Престижем, Селест Топом [5].

Возрастает роль биопрепаратов. Положительные результаты в борьбе с болезнями в период вегетации и хранения зарегистрированы в результате применения препарата Картофин [6], в защите меристемного семенного материала от переносчиков вирусов в закрытом грунте – препарата Вертициллин М [7].

Разработанные во ВНИИКС имени А.Г. Лорха приемы защиты являются подготовительными работами на пути к органическому земледелию.

Список литературы

1. *Жученко А. А.* Роль мобилизации генетических ресурсов цветковых растений. Саратов, 2012. 527 с.
2. *Жевора С. В., Федотова Л. С., Старовойтов В. И. и др.* Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле: методическое пособие. М.: ФГБНУ ВНИИКС, 2019. 120 с.
3. *Доспехов А. Б.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 1985. 416 с.
4. *Анисимов Б. В., Еланский С. Н., Зейрук В. Н. и др.* Сорта картофеля, возделываемые в России: каталог. М.: Агрспас, 2013. 144 с.
5. *Заикин Б. А., Зейрук В. Н., Белов Г. Л. и др.* // Агрехимический вестник. 2019. № 5. С. 72–76.
6. *Новикова И. И., Титова Ю. А., Бойкова И. В. и др.* // Биотехнология. 2017. Т. 33. № 6. С. 68–76.
7. *Зейрук В. Н., Белякова Н. А., Белов Г. Л. и др.* // Защита картофеля. 2018. № 2. С. 3–8.

УДК 632.952

М. Д. Ивасенко¹, Д. А. Ивасенко^{1,2}, Д. В. Анциферов¹,
П. А. Бухтиярова¹, Л. Б. Глухова^{1,2}, Ю. А. Франк^{1,2}

¹Общество с ограниченной ответственностью «Дарвин»,
634040, Россия, г. Томск, ул. Высоцкого, 28 стр. 3,
bio.darwin@mail.ru,

²Национальный исследовательский
Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36,
yulia.a.frank@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА РЕЙНУТРИИ (*REYNOUTRIA JAPONICA* HOUTT.) НА РОСТ *FUSARIUM* SP.

Ключевые слова: *Reynoutria japonica*, *Fusarium* sp., биопрепараты, фунгициды.

Грибы рода *Fusarium* широко распространены в окружающей среде, среди них встречаются патогенные представители. *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. fujikuroi* и *F. graminearum* известны как патогены, вызывающие фузариоз растений [1]. *F. oxysporum*, например, может длительное время сохраняться в почве в форме хламидоспор, затем проникает в корни, распространяется в ткани, колонизирует и метастазирует в сосудах ксилемы, вызывая системное пожелтение, увядание и гибель растений [1].

Многие представители *Fusarium* spp. проявляют устойчивость к химическим фунгицидам [2]. В ряде исследований показано, что агротехнические приемы и химические средства защиты не всегда эффективны для предотвращения фузариозов сельскохозяйственных растений [3], [4]. Решение проблемы болезней растений, вызываемых *Fusarium*, с помощью биопрепаратов с минимальным воздействием на компоненты агроценозов представляется более устойчивым подходом для сельскохозяйственного производства. *R. japonica* известна как продуцент ряда биологически активных веществ [5], в том числе фунгицидов. В эксперименте по изучению влияния экстракта *R. japonica* на жизнеспособность спор возбудителя септориоза злаковых, *Septoria glycines*, авторами было обнаружено ингибирующее действие на споры *in vitro*. Обработка семян злаков экстрактом рейнутрии приводила к снижению зараженности патогенными грибами [6].

Целью нашего исследования являлось изучение действия экстракта *Reynoutria japonica* Houtt. (Polygonaceae) в отношении *Fusarium* sp. ZhI, выделенного с листовой пластинки садовой земляники, поврежденной микозом. Было исследовано действие экстракта листьев и побегов *R. japonica* на рост *Fusarium* sp. ZhI. Оценивали скорость роста гриба на агаризованной среде Чапека с дрожжевым экстрактом (CYA) с добавлением dealкоголизированного раствора, приготовленного из спиртового экстракта рейнутрии как описано ранее [6], в концентрации от 0 до 5%. Скорость роста рассчитывали по линейному приросту диаметра колонии в единицу времени. Эксперимент проводили в трех биологических повторностях.

Добавление экстракта *R. japonica* в среду в концентрации от 0,5 до 2,5% не повлияло на рост патогенного гриба, не было отмечено статистически достоверных отличий в скорости роста по сравнению с контрольными условиями (таблица). Однако при использовании 5%

экстракта скорость роста *Fusarium* sp. ZhI была ниже на 0,055 см/час и достоверно отличалась от контроля без добавления экстракта рейнутрии (таблица). Интересно, что в опытах с конидиями *S. glycines* аналогично приготовленный экстракт *R. japonica* оказывал ингибирующее действие уже в концентрации 1%.

Таблица

Скорости роста *Fusarium* sp. в зависимости от концентрации экстракта *R. japonica* в среде

	Концентрация экстракта рейнутрии, %				
	0,0	0,5	1,0	2,5	5,0
Скорость роста, см/час	0,623	0,609	0,607	0,612	0,568
Стандартное отклонение*	±0,038	±0,009	±0,030	±0,033	±0,005

*по трем биологическим повторностям.

Таким образом, в ходе проведенного эксперимента установлено ингибирующее действие экстракта *R. japonica* в отношении фитопатогенного гриба *Fusarium* sp. в концентрации 5%. Биопестициды растительного происхождения на основе *R. japonica* могут быть альтернативой использованию синтетических химикатов в сельском хозяйстве.

Работа выполнена в рамках инициативного проекта ООО «Дарвин».

Список литературы

1. Arie T. // Journal of Pesticide Science. 2019. Vol. 44(4). P. 275–281.
2. Al-Hatmi A. M. S., Meis J. F., de Hoog G. S. // PLoS Pathogens. 2016. Vol. 12. P. 1–8.
3. Ben Amira M., Lopez D., Triki Mohamed A. et al. // Biological Control. 2017. Vol. 110. P. 70–78.
4. Lehoczki-Krsjak S., Szabó-Hevér Á., Tóth B. et al. // Food Additives & Contaminants: Part A. 2010. Vol. 27. P. 616–628.
5. Patocka J., Navratilova Z., Ovando M. // Military Medical Science Letters. 2017. Vol. 86 (1), P. 17–31.
6. Borovaya S., Lukyanchuk L., Manyakhin A., Zorikova O. // Organic Agriculture. 2020. Vol. 10. P. 89–95.

УДК 632.51:581.1.04

Н. И. Конопля

*Луганский государственный аграрный университет,
91008, г. Луганск, городок Луганского государственного
аграрного университета, корпус 2С – 201,
info-nik@rambler.ru*

КОНТРОЛЬ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАСОРЕННОСТИ ПОЧВЫ СТИМУЛЯТОРАМИ РОСТА

Ключевые слова: потенциальная засоренность, семена сорных растений, стимуляторы роста.

Главной причиной засоренности агрофитоценозов наряду с высокой семенной продуктивностью сорных растений является высокая потенциальная засоренность почвы их семенами [1, 4].

Средние запасы семян сорных растений в пахотном слое почвы (0–30 см) по разным данным в зоне достаточного увлажнения достигают 147–154 тыс. шт./м², зоне неустойчивого увлажнения – 171–298 тыс. шт./м², в зоне недостаточного увлажнения – 114–372 тыс. шт./м² [1, 3–5].

При такой потенциальной засоренности почвы в течение вегетационного сезона в посевах культурных растений появлялось от 3,0 до 8,2 тыс. шт./м² всходов сорняков [1, 4].

Поэтому современная концепция защиты любых посевов от сорных растений должна прежде всего предполагать снижение потенциальной засоренности почвы, а эффективность любой системы земледелия оцениваться по количественным изменениям запасов семян в почве [4, 5].

В современных технологиях выращивания культурных растений это достигается прежде всего в системе севооборотов, обработки почвы и усилении конкурентной способности культурных растений по отношению к сорнякам [3, 5].

Перспективным приемом снижения потенциальной засоренности почвы является провокация прорастания семян сорных растений в допосевной или послеуборочный период с последующим их уничтожением почвообрабатывающими орудиями или послевсходовыми гербицидами [2, 4].

Целью наших исследований было установить возможности провокации и уничтожения всходов сорных растений при подготовке поля к посеву кукурузы и подсолнечника. Выведение семян сорных растений с латентной фазы к виргинильному состоянию осуществляли путем применения стимуляторов роста на основе природных грибов, бактерий и продуктов их метаболизма.

Биологическим основанием этого приема было наличие у сорных растений длительного периода и одновременного прорастания семян и формирование нескольких возобновляемых синузий в течение вегетационного сезона.

Полевые опыты были заложены на черноземных почвах Луганского государственного аграрного университета. Стимуляторы роста Азотофит (200 мл/га), Микохелл (800 г/га), Агрофит (200 мл/га), Мицефит (50 г/га), Новосил (200 мл/га) вносили ранцевым опрыскивателем из расчета 200 л/га рабочего раствора с последующей заделкой в почву

культиватором. Контролем служил вариант с водой без стимуляторов роста. Площадь учетных делянок была 9 м², повторность опыта – шестикратная. Потенциальную засоренность почвы определяли перед применением регуляторов роста и через 60 суток после их применения, число всходов сорняков – через каждые 5 суток.

Установлено, что перед применением регуляторов роста средняя потенциальная засоренность почвы достигала 264 тыс. шт./м² семян сорных растений главным образом *Amaranthus retroflexus* L., *Chenopodium album* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Echinochloa crusgalli* (L.) P. Beauv., *Setaria glauca* (L.) P. Beauv., *S. viridis* (L.) P. Beauv. и др.

Применение биопрепаратов в осенний период не обеспечивало в сравнении с контролем стимулирующего действия на прорастание семян сорных растений и существенного снижения потенциальной засоренности почвы, что связано, очевидно, с низкой влажностью и высокими температурами верхнего 0–10 см слоя почвы. К началу весенних полевых работ снижение потенциальной засоренности почвы в сравнении с исходным на контрольных делянках составляло в среднем 4,8%, а с применением стимуляторов роста – 4,9–5,1%.

Внесение стимуляторов роста под весеннее боронование было более эффективным, чем при осеннем применении. Число всходов сорных растений перед первой допосевной культивацией было большим, чем на контроле на 21–26%, перед второй – на 38–54%, предпосевной – на 11–14%.

В фазу формирования 4–5 листьев в кукурузы и 2–3 пар настоящих листьев в подсолнечника число сорных растений на контрольных вариантах составляло 132 шт./м², а на делянках применения стимуляторов роста вследствие очищения посевного слоя почвы от сорных растений снижалось до 54–68 шт./м², к фазе 9–11 листьев у кукурузы и 4–5 пар листьев у подсолнечника – соответственно 63 и 32–45 шт./м². Потенциальная засоренность почвы на контрольных делянках составляла 212 тыс. шт./м² семян, а на вариантах внесения стимуляторов роста – 184–198 тыс. шт./м².

Самую высокую стимулирующую эффективность прорастания семян сорных растений показали Азотофит и Микохелл. Урожайность семян подсолнечника на вариантах применения стимуляторов роста достигала 2,36–2,84 т/га, а на контрольных – 2,05 т/га, кукурузы – соответственно 5,84–6,07 и 5,11 т/га.

Список литературы

1. Иващенко О. О. Бур'яни в агрофітоценозах. Київ: Світ, 2001. 235 с.
2. Курдюкова О. Н., Жердева Е. А. Безопасные технологии контроля сорняков // Матер. IV Междун. конф. «Инновационные разработки молодых ученых – развитию агропромышленного комплекса»: Сб. научн. тр. ФГБНУ ВНИИОК, Ставрополь, 2015. Т. 1. Вып. 8. С. 709–711.
3. Курдюкова О. Н. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 2. С. 76–81.
4. Курдюкова О. Н., Коноля Н. И. Семенная продуктивность и семена сорных растений: монография. СПб.: Свое издательство, 2018. 200 с.
5. Циков В. С., Матюха Л. А. Сорняки: вредоносность и система защиты. Днепропетровск: ЭНЕМ, 2016. 86 с.

УДК 632.9:635.21

А. В. Кравец¹, О. М. Минаева^{1,2}, Н. Н. Терещенко^{1,2},
Т. И. Зюбанова^{1,2}, Е. Е. Акимова^{1,2}

¹СибНИИСХиТ-филиал СФНЦА РАН,
634050, Россия, г. Томск, ул. Гагарина, 3,

²ФГБОУ Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36,

kravets@sibmail.com

ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ БАКТЕРИЯМИ *PSEUDOMONAS EXTREMORIENTALIS* НА ФИТОСАНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

Ключевые слова: картофель, *Pseudomonas extremorientalis*, бентонитовая глина, биоконтроль, урожайность.

Известно, что картофель часто поражается возбудителями заболеваний, что приводит к снижению урожайности. Среди методов защиты растений и профилактики заболеваний картофеля превалирует применение химических пестицидов. Однако их использование приводит к загрязнению почвы и грунтовых вод и не способствует получению экологически чистой продукции. Для получения биологически полноценной продукции растениеводства и сохранения плодородия почв необходимо экологически целесообразное хозяйствование. В этом отношении перспективно применение биопрепаратов, действующим началом которых являются микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности, способные улучшить корневое питание, стимулировать рост растений и защищать их от фитопатогенов [1]. Одним из наиболее распространённых методов применения бактериальных препаратов является предпосадочная обработка клубней картофеля. Но применение биопрепаратов имеет ряд особенностей. Обработку нужно проводить свежеразведённым рабочим раствором непосредственно перед посадкой, клубни не должны находиться под влиянием солнечных лучей. Повышению жизнеспособности бактерий как в составе биопрепаратов, так и при их использовании может способствовать адгезия клеток на твердых нерастворимых носителях, которыми, как правило, являются хорошо сорбирующие субстраты с пористой системой. Наличие пор позволяет бактериям закрепиться на поверхности носителя. Часто носителями выступают глинистые минералы, такие как глауконит или бентонит.

В полевом эксперименте использовали картофель *Solanum tuberosum* L. сорт Памяти Рогачева. В качестве основы биопрепарата были использованы бактерии *Pseudomonas extremorientalis* PhS1, выделенные из вермикомпоста и обладающие выраженными ростстимулирующими и антифунгальными свойствами. В качестве твердого носителя использовали бентонит [2]. Минеральный состав: монтмориллонит, каолинит, гидрослюда, кварц, щелочной полевой шпат, слюда, кальцит. Средний химический состав бентонита в %: SiO₂ – 59,68; Al₂O₃ – 18,63; Fe₂O₃ – 3,93; CaO – 2,769; MgO – 2,43; K₂O – 1,62; Na₂O – 0,98; FeO – 0,67; TiO₂ – 0,59; SO₃ – 0,16; P₂O₅ – 0,12; MnO – 0,05 [2].

Опыт закладывали на серой лесной среднесуглинистой почве по следующей схеме: контроль (без обработки клубней), предпосадочные обработки клубней суспензией бактерий *P. extremorientalis* с титром 1–5×10⁸ КОЕ/мл без носителя и с бентонитом (2%), с титром

$1-5 \times 10^7$ КОЕ/мл с бентонитом (0,2%) (разбавление в 10 раз от исходного биопрепарата). Размер делянок – 12 м². Повторность опыта 3-х кратная. Доза препаратов – 10 л на тонну клубней. Эффективность применения бактериального препарата оценивали по следующим показателям: фитопатологическая оценка состояния всходов картофеля и растений в фазах смыкание ботвы в рядке–начало цветения, урожайность и фракционный состав клубней картофеля в фазу полной спелости. Вегетационный период 2020 года определен как умеренно влажный теплый.

Анализ пораженности растений картофеля возбудителями заболеваний показал, что в варианте с предпосадочной обработкой клубней бактериями на твердом носителе отмечено уменьшение распространенности по сравнению с контролем альтернариоза (на 7,5%), фитофтороза и ризоктониоза (на 3%). При этом интенсивность поражения растений возбудителями альтернариоза было наименьшей в варианте с разбавленным препаратом бактерий на бентоните (ниже контроля на 6,3%). Интенсивность поражения растений возбудителями фитофтороза значительно уменьшалась по сравнению с контролем во всех вариантах предпосадочной бактериализации клубней. Наименьшие показатели отмечены для варианта с использованием бактерий на твердом носителе, разбавленным в 10 раз (на 21% ниже контроля). По сравнению с контролем индекс развития альтернариоза снижался в варианте с разбавленным препаратом бактерий на бентоните, а фитофтороза – во всех опытных вариантах (на 7,9–16,5%). В целом для всех вариантов бактериализации на протяжении вегетации отмечено улучшение фитосанитарного состояния посадок картофеля.

Во всех опытных вариантах отмечено статистически значимое ($p < 0,05$) увеличение урожайности валовой, семенной и продовольственной фракций по сравнению с контролем. Опытные варианты по степени возрастания данных показателей располагаются следующим образом: бактериализация культурой с бентонитом, бактериализация суспензией без носителя, бактериализация культурой с бентонитом (разбавление в 10 раз). Лучшим оказался вариант бактериализации культурой на носителе с разбавлением в 10 раз, где отмечается увеличение валовой урожайности на 34% по сравнению с контролем (20,99 и 15,66 т/га соответственно). В этом же варианте семенная продуктивность растений возросла на 47% (контроль 13,24, в опыте 19,45 т/га).

Таким образом, в полевом эксперименте показана перспективность предпосадочной бактериализации клубней культурой бактерий *P. extremorientalis* PhS1, независимо от препаративной формы (жидкая или на твердом носителе бентоните). При этом снижаются показатели пораженности растений возбудителями заболеваний (альтернариозом, фитофторозом и ризоктониозом), повышается валовая урожайность на 16–29%, возрастает выход семенной и продовольственной фракции на 22–47% и 17–31% соответственно.

Список литературы

1. Jadoon S., Afzal A., Asad S. A. et al. // The Journal of Animal & Plant Sciences. 2019. Vol. 29(4). P. 1026–1036.
2. ООО «Бентонит Хакасии» [Электронный ресурс] URL: <http://b-kh.ru/index.php/ru> (дата обращения: 30.09.2020).

УДК 577.13:579.64

**Е. Н. Никитин, Д. А. Теренжев, А. П. Любина,
С. К. Гумерова, А. М. Рахмаева, Н. Л. Шаронова**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Федеральный исследовательский центр
«Казанский научный центр Российской академии наук»,
420111, Россия, Республика Татарстан,
г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31, а/я 261,
lapanovich@mail.ru*

АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ ЦВЕТОВ ТРЕХРЕБЕРНИКА НЕПАХУЧЕГО (*TRIPLEUROSPERMUM INODORUM* (L.) SCH. VIP.) В ОТНОШЕНИИ ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Ключевые слова: трехреберник непахучий, растительный экстракт, антимикробная активность, фитопатогенные микроорганизмы.

Инфицирование сельскохозяйственных растений фитопатогенными микроорганизмами вызывает серьезное снижение их урожайности и качества продукции растениеводства во всем мире. В связи с этим защита сельскохозяйственных культур представляет собой серьезную проблему, которая в настоящее время решается путем проведения фитосанитарных обработок с использованием пестицидов и антибиотиков с потенциальными побочными эффектами для экосистем. Кроме того, применяемые химические вещества являются персистентными и представляют собой риск развития устойчивости, что побудило Европейский Союз ограничить их использование [1, 2]. Соответственно существует возрастающая потребность в разработке новых экологически безопасных средств защиты растений. В многочисленных научных работах установлено, что активные соединения в составе растений отвечают за multifunctional биологические эффекты, включая антиоксидантные, антимикробные, противоопухолевые и противовоспалительные [3–6]. В связи с этим растения и их экстракты являются важными источниками биологически активных компонентов для разработки новых продуктов для использования в агропромышленном комплексе.

В качестве объектов исследования использовали экстракты из цветов Трехреберника непахучего (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Vip.), принадлежащего к сем. Астровые. Сбор растений проводили в Верхнеуслонском районе Республики Татарстан (Российская Федерация) летом 2020 г. Экстракты получали путем мацерации измельченного на лабораторной мельнице свежего растительного материала в этаноле (75% об./об.), метаноле (х.ч.) и гексане (х.ч.) в соотношении 1:10.

Экстракты были протестированы по отношению к фитопатогенным микроорганизмам – грамположительной бактерии *Clavibacter michiganensis* ВКМ Ас-1404, грамотрицательной бактерии *Xanthomonas arboricola* и грибу *Alternaria solani* К-100054 методом двойных серийных разведений [7, 8]. В качестве веществ сравнения использовали хлорамфеникол (Казанский фармацевтический завод, Россия) в случае бактерий и дифеноконазол (Score250 EC, Syngenta, США) в случае гриба.

В таблице представлены минимальные ингибирующие концентрации растительных экстрактов (МИК), останавливающие рост бактерий и грибов, и минимальные бактерицидные и фунгицидные концентраций (МБК и МФК, соответственно), вызывающих гибель клеток.

Таблица

Антибактериальная активность экстрактов цветов трехреберника непахучего в отношении фитопатогенных микроорганизмов

Тип экстрагента	<i>Xanthomonas arboricola</i>		<i>Clavibacter michiganensis</i> ВКМ Ас-1404		<i>Alternaria solani</i> К-100054	
	МИК, %	МБК, %	МИК, %	МБК, %	МИК, %	МФК, %
Гексан	0,05±0,005	0,1±0,01	0,05±0,005	0,1±0,01	0,05±0,005	0,05±0,005
Метанол	0,1±0,01	0,2±0,02	0,05±0,005	0,05±0,005	0,1±0,01	0,1±0,01
Этанол	0,05±0,005	0,1±0,01	0,05±0,005	0,05±0,005	0,0125±0,001	0,025±0,002

Антибактериальная активность гексанового и этанольного экстракта цветов трехреберника непахучего была сопоставимой и находилась в диапазоне 0,1–0,05%. Фитопатогенный гриб *Alternaria solani* К-100054 проявил наибольшую чувствительность к компонентам этанольного экстракта.

Список литературы

1. Isman M. B. // Crop Protection. 2000. Vol. 19. P. 603–608.
2. Benali T., Bouyahya A., Habbadi K. et al. // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2020. Vol. 28. 101696.
3. Sharonova N. L., Terenzhev D. A., Bushmeleva K. N. et al. // Asian Journal of Chemistry. 2019. Vol. № 31(11). P. 2672–2678.
4. Lockowandt L., Pinela J., Roriz C. L. et al. // Industrial Crop and Products. 2019. Vol. 128. P. 496–503.
5. Akhtar N., Ihsan ul H., Mirza B. // Arabian Journal of Chemistry. 2018. Vol. 11. P. 1223–1235.
6. Meela M. M., Mdee L. K., Masoko P., Eloff J. N. // South African Journal of Botany. 2019. Vol. 121. P. 442–446.
7. Clinical and Laboratory Standards Institutes (CLSI). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically. CLSI standard M07. In 11th ed. Wayne, Pennsylvania. USA, 2018. P. 112.
8. Clinical and Laboratory Standards Institutes (CLSI). Reference Method for Broth Dilution Antifungal Susceptibility Testing of Yeasts. CLSI standard M27. In 4th ed. Wayne, Pennsylvania, USA, 2017. P. 31.

УДК 578.85/.86:632.9

Т. П. Супрунова¹, А. Н. Сахарова¹, Н. В. Маркин¹,
А. Н. Игнатов¹, С. Ю. Соловьев^{1,2},
Н. О. Калинина^{1,2}, М. Э. Тальянский^{1,3}

¹ ООО «МЛ «Резистом», 143026, Россия, г. Москва,
Сколково Инновационного Центра тер.,
Большой б-р, 42, стр. 1,
suprunova@gmail.com,

² НИИ физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Россия, г. Москва,

³ Институт биоорганической химии
им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН,
117997 Россия, г. Москва

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИВИРУСНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ДЦРНК ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАРТОФЕЛЯ

Ключевые слова: вирус картофеля Y, спрей-индуцированный сайленсинг генов, дсРНК.

Одна из важнейших продовольственных культур в мире, картофель (*Solanum tuberosum* L.) заражается многими вирусами, из которых вирус Y (*Potato virus Y, PVY*) имеет наиболее важное экономическое значение, вызывая существенные потери урожая [1]. Эффективных препаратов для защиты растений от вирусов практически не существует. Экзогенные дцРНК которые распространяются по растению локально и системно после процессинга в малые интерферирующие РНК, и индуцируют устойчивость растений к вирусам, опосредованную РНК-интерференцией, могут быть использованы в качестве биопестицидов [2]. Предложено несколько альтернативных способов доставки дцРНК, из них наиболее перспективным в настоящее время считается опрыскивание растений – спрей-индуцированный сайленсинг генов (spray-induced gene silencing, SIGS). Экзогенные интерферирующие дцРНК могут доставляться в растительные клетки прямо через кутикулу, или через морфологические структуры листа – устьица, трихомы и другие [3]. В этой связи важно отметить, что локально нанесенные дцРНК также ингибируют вирулентность патогена в не обработанных листьях [1, 3].

Частицы хитозана, функциолизованные дцРНК, были получены путем смешивания раствора хитозана, полученного растворением коммерческой формы хитозана в натрий-ацетатном буфере, с раствором триполифосфата. Двухцепочечная РНК с целевым фрагментом генома PVY получена путем выделения ее из бактериальной культуры *E. coli* штамма HT115, куда она была трансформирована в виде плазмидной ДНК pL4440-PVY [4]. Рабочая концентрация дцРНК, определенная методом Nwokeoji et al. [5], составляла примерно 200 нг/мкл. Растения сорта Лайонхарт (Дока-генные технологии, Московская обл.), содержащиеся при постоянной температуре 24°C и 16 ч освещении, были заражены изолятом вируса PVY-O (МГУ, Москва), и обработаны препаратом дцРНК (1,5 мл на растение). Были использованы 2 варианта заражения – за 1 день до заражения вирусом и через 3 дня после

заражения, и разные концентрации препарата. Накопление вируса в растениях выше инокулированных листьев определяли методом ИФА с коммерческими антителами компании Biogeba (Швейцария) на 14 и 21 день после заражения.

Полученные результаты показали высокий эффект профилактического применения дцРНК. Обработка исходной концентрацией дцРНК защитила 100% и 65% растений от размножения вируса в течение 14 и 21 дня соответственно, и 65% растений были защищены минимальной испытанной концентрацией (10 нг/мкл) в течении 14 дней. Терапевтическое применение дцРНК через 3 дня после инокуляции не оказало существенного воздействия на динамику накопления вируса в растении.

Таким образом, в ходе проведенного эксперимента, нами продемонстрирована высокая биологическая антивирусная эффективность антивирусной дцРНК при профилактической обработке растений картофеля на фоне искусственного заражения растений вирусом PVY.

Проект «МЛ «Резистом» финансируется в соответствии с Соглашением о предоставлении гранта Фонда «Сколково», № Г18/19 от 26.04.19.

Список литературы

1. Макарова С. С., Макаров В. В., Тальянский М. Э., Калинина Н. О. // Журнал генетики и селекции. Т. 21. С. 62–73.
2. Морозов С. Ю., Соловьев А. Г., Калинина Н. О., Тальянский М. Э. // Acta Naturae (русскаяязычная версия). 2019. Т. 11. № 4(43). С. 13–21.
3. Wang M., Yu F., Wu W. et al. // International Journal of Biological Sciences. 2017. Vol. 13. P. 1497–1506.
4. Posiri P., Ongvarrasopone C., Panyim S. // Journal of Virological Methods. 2013. Vol. 188. P. 64–69.
5. Nwokeoji A. O., Kilby P. M., Portwood D. E., Dickman M. J. // Analytical Chemistry. 2017. Vol. 89. P. 13567–13574.

УДК 621.317

Н. В. Сушинская¹, В. П. Курченко¹, К. И. Майорова¹,
В. Е. Тихонов², И. С. Киселева³

¹Белорусский Государственный Университет,
Республика Беларусь, г. Минск,
kurchenko@tut.by

²Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН,
Россия, г. Москва

³Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Россия, г. Екатеринбург

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН КУКУРУЗЫ ОЛИГОХИТОЗАНОМ И МЕЛАНИНОМ ДЛЯ СТИМУЛИРОВАНИЯ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Ключевые слова кукуруза, меланин, хитозан, олигохитозан, элиситор.

Урожайность кукурузы существенно зависит от климатических условий, влияния фитопатогенных грибов и других факторов [1, 2]. Перспективным способом защиты кукурузы от действия абиотических факторов является использование элиситоров, которые индуцируют в растениях неспецифическую иммунную реакцию [2, 3]. Основные патогены растений – грибы, многие из которых содержат в клеточных стенках хитин-меланиновый комплекс. Молекулы хитина взаимодействуют со специфическими рецепторами цитоплазматической мембраны растительных клеток, в результате чего они получают сигнал о контакте с патогеном. Меланиновые пигменты грибов представляют собой группы нерегулярных высокомолекулярных природных биополимеров полиароматической природы. В зависимости от источника выделения, они содержат различные положительно и отрицательно заряженные функциональные группы, благодаря которым пигмент способен к ионному взаимодействию с отрицательно заряженными поверхностными структурами растительных клеток [4]. Такое неспецифическое взаимодействие меланинов с цитоплазматической мембраной клеток может позволить растению фиксировать химический сигнал и включать защитные реакции с разными механизмами запуска и действия. Представляется актуальным исследовать элиситорные свойства низкомолекулярного ОХ, меланина и их комплекса при обработке семян кукурузы.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись семена трёхлинейного гибрида кукурузы Полесский 185. Для выделения меланина использовались наросты вегетативной формы гриба чаги *Inonotus obliquus* (*Ach.exPers.*). Олигохитозан производства «Биопрогресс» (Москва, Россия) были получены путем ферментативного гидролиза хитозана ММ 250 кДа и степенью деацетилирования 95 %. После хроматографического разделения полученный ОХ с ММ 28,6 кДа подвергался реацетилированию до 28,3% N-ацетилглюкозаминных групп. Семена кукурузы обрабатывались водными растворами олигохитозана с ММ 28,6 кДа и меланина в концентрациях: 0,0005%, 0,001%, 0,005%, 0,01% в течение 1 мин. При комплексной обработке семян кукурузы использовался олигохитозан ММ 28,6 кДа в концентрации 0,001%, после обработки которого использовался меланин в концентрациях: 0,0005%, 0,001%, 0,005%, 0,01%. Семена проращивались в соответствии с

ГОСТ 12038-84. На 14 день проращивания измерялась длина, масса корней и ростков. В метанольных экстрактах корней определялись метаболиты с использованием газового хроматографа Agilent 6850, оснащенного масс-детектором 5975В (США).

Результаты и обсуждения. Максимальное увеличение массы проростков достигает 175% по отношению к контролю при концентрации ОХ 0,001%. Увеличение массы проростков достигается за счет значительного увеличения массы корневой системы, которая по сравнению с контролем возросла на 257%. Это свидетельствует о преимущественном увеличении массы проростков за счет роста корней. Соотношение длины корней к их массе значительно уменьшается. Это связано с увеличением корневой системы проростков, без существенного увеличения длины корней. Анализ результатов, показывает, что олигохитозан с ММ 28,6 kDa после обработки семян кукурузы 0,001% раствором оказывает максимальное влияние на ростовые процессы.

Обработка семян кукурузы растворами меланина, в зависимости от концентрации, увеличивает массу проростков на 210–275% по отношению к контролю. Это увеличение связано со значительным ростом корневой системы, масса которой увеличивается в 4–5 раз, без существенного увеличения длины корней. Увеличение массы ростков в 2,0–2,7 раза, в зависимости от концентрации меланина, использованного для обработки семян кукурузы. Соотношение массы корней по отношению к массе ростков достигает максимального значения при концентрации меланина 0,001%, что свидетельствует о преимущественном увеличении массы проростков за счет роста корней.

Комплексная обработка семян кукурузы олигохитозаном и раствором меланина в различных концентрациях приводит к значительному увеличению массы проростков, корней и ростков по сравнению с контролем. Комплексная обработка семян кукурузы ОХ и меланином стимулирует ростовые процессы, значительно эффективнее, чем обработка использованными индивидуальными элиситорами: меланином и олигохитозаном.

Под воздействием использованных веществ происходят изменения в составе и содержании метаболитов в клетках проростков кукурузы, что может приводить к увеличению содержания промежуточных метаболитов синтеза фитогормонов: брассиноستيридов, абсцизовой кислоты, жасмоновой кислоты и других.

Таким образом, обнаруженное стимулирование ростовых процессов под влиянием обработки семян кукурузы ОХ, меланина и ОХ в сочетании с меланином наиболее выражено при их концентрации 0,001–0,005%. Механизм стимулирования ростовых процессов проростков кукурузы исследованными элиситорами вероятно связан с увеличением синтеза стероидных фитогормонов.

Список литературы

1. *Olicón-Hernández D. R., Uribe-Alvarez C., Uribe-Carvajal S. et al.* // *Molecules*. 2017. Vol. 22. P. 1745–1756
2. *Kulikov S. N., Chirkov S. N., Il'ina A. V. et al.* // *Prik. Biokhim. Mikrobiol.* 2006. Vol. 42(2). P. 224–228.
3. *Obara N., Hasegawa M., Kodama O.* // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2002. Vol. 66(12). P. 2549–2559.
4. *Kurchenko V. P., Kapustin M. A., Sushinskaya N. V. et al.* // *AIP Conference Proceedings*. 2019. Vol. 2063. 030010.

УДК 581.192.7

Г. Г. Филиппова¹, Ю. А. Соколов², В. М. Юрин¹

¹Белорусский государственный университет,
220030, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Независимости, 4,
filiptsova@bsu.by,

²Институт биоорганической химии НАН Беларуси,
220141, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Академика Купревича, 5/2,
yasokolov@iboch.by

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПЕПТИДНЫХ ЭЛИСИТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БОБОВЫХ КУЛЬТУР К ОКСИДАТИВНОМУ СТРЕССУ

Ключевые слова: элиситоры, оксидативный стресс, перекисное окисление липидов, пероксидаза, бобовые растения.

Одной из современных стратегий в защите растений является использование природных экологически безопасных веществ, проявляющих элиситорные свойства и приводящих к индукции фитоиммунитета. Элиситорными свойствами обладают вещества различной химической природы, как растительного, так и бактериального происхождения. Одной из важнейших групп таких соединений являются пептидные элиситоры. Обработка растений бактериальными пептидными элиситорами вызывает ряд защитных реакций, приводящих к увеличению их устойчивости ко многим видам фитопатогенов и вредителей [1, 2], данные об участии пептидных элиситоров в устойчивости растений к абиотическим стрессам ограничены.

Целью данной работы было исследование влияния бактериальных пептидных элиситоров – Csp15, MF3, Pep13 и AVR9 на физиолого-биохимические показатели бобовых растений, подвергнутых оксидативному стрессу (ОС). Пептиды синтезировали в Институте биоорганической химии НАН Беларуси посредством методики твёрдофазного пептидного синтеза с помощью автоматического пептидного синтезатора ResPep SL. В качестве объектов исследования использовали проростки гороха, сои и вигны, выращенные в лабораторных условиях.

Анализ морфометрических характеристик растений, подвергнутых оксидативному стрессу, позволил выявить пептиды, оказывающие элиситорное действие. Изученные пептиды проявляли активность в достаточно низких концентрациях: Csp15 – 10^{-11} – 10^{-12} М, Pep13 – 10^{-8} М, AVR9 – 10^{-9} М, исключение составлял MF3, демонстрирующий незначительный защитный эффект в концентрации 10^{-4} М. Предстрессовая (за 24 часа до действия ОС) обработка надземной части проростков сои, гороха и вигны исследованными соединениями приводила к снижению негативного действия стресса на ростовые показатели (сырую и сухую массу надземной части и корней) на 10–25% по сравнению с необработанными растениями.

Максимальный защитный эффект в условиях ОС оказывал пептид Csp15. Величина защитного эффекта зависела не только от концентрации пептида, но и вида и сорта растений, что свидетельствует о различной отзывчивости бобовых культур на действие элиситоров [3].

Для выявления механизма защитного действия пептидов было исследовано их влияние на скорость окислительных процессов и суммарную активность пероксидазы. Анализ уровня первичных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) показал, что предстрессовая

обработка проростков пептидами элиситорами в действующих концентрациях приводила к снижению данного показателя, что свидетельствует об уменьшении скорости окислительных процессов в условиях действия ОС. Наиболее значимый эффект вызывали пептиды Csp15 и Pep13, тогда как MF3 и AVR9 не оказывали достоверно значимого влияния на исследованный параметр. Очевидно, что обработка растений синтетическими пептидами Csp15 и Pep13 приводит к запуску защитных систем, в результате чего снижается активность окислительных процессов в условиях действия ОС. Установлено, что обработка проростков пептидом Csp15 уже через 2 часа вызывает увеличение активности пероксидазы на 30% по сравнению с контролем, через 24 часа после обработки данный показатель увеличивается на 80%, а затем начинает снижаться до исходного уровня (через 48 часов). Аналогичная зависимость выявлена для пептида Pep13.

На основании полученных результатов можно сделать заключение, что бактериальные пептиды Csp15, Pep13 и в меньшей степени MF3 и AVR9 проявляют элиситорные свойства. Экзогенная обработка надземной части бобовых культур данными соединениями приводит к индукции сигнальных систем, активации антиоксидантных ферментов и снижению скорости окислительных процессов, что, в конечном итоге, вызывает увеличение устойчивости растений к действию оксидативного стресса. Исследованные пептиды могут быть использованы при разработке экологически безопасных препаратов, активирующих собственные защитные системы растительного организма и повышающих неспецифическую устойчивость сельскохозяйственных культур к стрессовым факторам, в том числе абиотической природы.

Список литературы

1. *Albert M.* // Journal of Experimental Botany. 2013. Vol. 64. P. 5269–5279.
2. *Boller T., Felix G.* // Annual Review of Plant Biology. 2009. Vol. 60. P. 379–406.
3. *Филипцова Г. Г., Соколов Ю. А., Юрин В. М.* Ботаника (исследования): Сборник научных трудов. Выпуск 48. Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси. Минск, 2019. С. 301–310.

УДК 579.64

Ю. А. Чикин, Е. С. Гулик, А. А. Харлова

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36,
yuch@inbox.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ЗАРАЖЕНИЯ БОЛЬШОГО МУЧНОГО ХРУЩАКА ДЛЯ ПЕРВИЧНОЙ ОЦЕНКИ ПАТОГЕННОСТИ ЭНТОМОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

Ключевые слова: энтомопатогенные грибы, *Metarhizium*, *Beauveria*, большой мучной хрущак, искусственное заражение.

В настоящее время основным методом защиты растений от насекомых-вредителей можно считать применение химических средств избирательного действия – инсектицидов. Ввиду негативных последствий их применения, как для людей, так и для окружающей среды, актуален поиск биологических средств борьбы с вредителями, в том числе – препаратов на основе энтомопатогенных грибов [1]. В предварительных исследованиях эффективности различных энтомопатогенных средств в качестве тест-объекта широко используют лабораторные культуры большого мучного хрущака *Tenebrio molitor*.

При подготовке инфекционного материала энтомопатогенных грибов в экспериментах по искусственному заражению насекомых чаще всего применяют суспензии конидий определённой концентрации, смытых с выращенных в чистой культуре колоний грибов на агаризованных средах или полученных после твёрдофазного культивирования грибов на растительных субстратах и последующего измельчения [3]. Для смыва применяется вода с добавлением 0,03% Твин-20. Полученную суспензию применяют для кратковременного погружения в неё насекомых, нанесения капель суспензии на поверхность их тела или инъектирования небольшого объёма суспензии между сегментами брюшка насекомых [2].

Однако вышеназванные методики достаточно сложны, требовательны к лабораторному оборудованию для получения препаратов и их микроскопического исследования с целью поддержания определённого титра спор в препарате. Поэтому в предварительных исследованиях применяют и другие методики – например, временное размещение насекомых на поверхности конидиального слоя в культурах грибов [4]. Нами было использовано совместное размещение в чашке Петри насекомых и блоков грибной колонии, от которых насекомые заражались как при контакте, так и при их поедании [5].

Целью данной работы было сравнение эффективности разных методов искусственного заражения большого мучного хрущака для первичной оценки патогенности энтомопатогенных грибов. В экспериментах были использованы насекомые из инсектария кафедры сельскохозяйственной биологии ТГУ и по три изолята грибов *Metarhizium anisopliae* и *Beauveria bassiana*, условно обозначенные как М1, М2, М3 (для изолятов *M. anisopliae*) и В1, В2, В3 (для изолятов *B. bassiana*). Все указанные изоляты грибов поддерживались в чистой культуре на сусло-агаре путём периодического пересева: М1 и М2 – с 2010 г., М3 – с 2002 г., В1 – с 2016 г., В2 – с 2017 г., В3 – с 2000 г. В экспериментах были использованы все стадии развития *T. molitor* – личинки среднего возраста (массой 37–60 мг), имаго обоих полов, куколки. Пол имаго определяли на стадии куколки. Для сравнения эффективности заражение проводилось двумя методами – водной

суспензией грибных спор и путём совместного размещения в чашке Петри насекомых и блоков из колонии грибов.

В опытах по заражению от блоков культуры гибель личинок, куколок и имаго начиналась в среднем через 3–4 дня после начала эксперимента. Полная гибель личинок при заражении от блоков культуры происходила через 6–7 дней, гибель куколок – через 8–10 дней, гибель имаго – через 4–6 дней. В опытах по заражению водной суспензией спор гибель личинок начиналась через 7–11 дней после начала эксперимента, через 23–28 дней доходила до 60–70% и прекращалась. Гибель куколок начиналась через 8–9 дней, через 14–26 дней доходила до 60–70% и прекращалась.

Во всех вариантах эксперимента были отмечены некоторые различия между изолятами грибов по степени патогенности. Так, при заражении блоками культур грибов личинок *T. molitor* обнаружилось, что наибольшую патогенность в отношении личинок проявил изолят М2. При заражении личинок водной суспензией спор наибольшую эффективность показал изолят В1, а патогенность других изолятов *B. bassiana* и *M. anisopliae* существенно не различалась. При заражении блоками культур грибов куколок *T. molitor* оказалось, что изоляты *M. anisopliae* не различались по патогенности, а среди изолятов *B. bassiana* наименее активен был изолят В2. При заражении куколок *T. molitor* споровыми суспензиями грибов оказалось, что более активны были изоляты В1, В2, и М1. В экспериментах по отдельному заражению блоками культур грибов самцов и самок *T. molitor* было обнаружено, что наибольшую патогенность к имаго обоих полов проявил изолят В1. Наименее патогенным в данном варианте опыта оказался изолят М3, который в большей степени поражал самцов, а остальные изоляты *B. bassiana* и *M. anisopliae* были одинаково патогенны к имаго обоих полов.

В целом по степени возрастания чувствительности к действию *B. bassiana* и *M. anisopliae* стадии развития большого мучного хрущака можно представить следующим образом: личинки → куколки → имаго. Следовательно, для выявления высокоагрессивных изолятов *B. bassiana* и *M. anisopliae* продуктивнее использовать имаго *T. molitor*, а для более точной дифференциации изолятов грибов по степени их патогенности удобнее применять личинок. Заражение куколок может быть полезно для предварительной оценки эффективности поверхностного заражения насекомых, поскольку эта непитающаяся стадия позволяет исключить отравление токсинами грибов, накопленными при их росте в субстрате.

Список литературы

1. Евлахова А. А. Энтомопатогенные грибы. Ленинград: Наука, 1974. 260 с.
2. Крюков В. Ю. Адаптации энтомопатогенных аскомицетов (*Ascomycota, hypocreales*) к насекомым-хозяевам и факторам среды в условиях континентального климата Западной Сибири и Казахстана: автореферат дис. ... доктора биологических наук. Томск, 2015. 44 с.
3. Никольская Е. А. Культивирование грибов. Методы экспериментальной микологии / Под ред. В. И. Билай. Киев: Наук. думка, 1982. С. 106–137.
4. Хромогин П. В. Энтомопатогенная активность сибирских штаммов *Beauveria bassiana* в отношении личинок *Tenebrio molitor* // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: сборник матер. Всерос. науч.-практич. конференц. студентов, аспирантов и молодых ученых. Красноярск, 2017. С. 200–201.
5. Чикин Ю. А., Гулик Е. С., Харлова А. А. Чувствительность личинок большого мучного хрущака *Tenebrio molitor* к *Beauveria bassiana* // Аграрная наука – сельскому хозяйству. XIV Международная научно-практическая конференция (7–8 февраля 2019 г.): сборник материалов. Кн. 1. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2019. С. 275–276.

УДК 577.214:631.8:633.11

М. Ю. Шейн, Г. Ф. Бурханова, И. В. Максимов

*Институт биохимии и генетики
Уфимского Федерального исследовательского центра РАН,
450054, Россия, г. Уфа, ул. Проспект Октября, 71,
mikeshenoda@yandex.ru*

ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ ГЕНОВ *DCL* И *AGO* В РАСТЕНИЯХ ПШЕНИЦЫ ИНФИЦИРОВАННЫХ *STAGONOSPORA NODORUM* BERK И ПРИ ОБРАБОТКЕ БАКТЕРИЯМИ *BACILLUS* SPP.

Ключевые слова: РНК-интерференция, *Triticum aestivum*, *Bacillus subtilis*, *Stagonospora odorum* Berk, транскрипционная активность генов.

В связи с тем, что патогены наносят ощутимый ущерб урожайности культурных растений, таких как мягкая пшеница - перед научным сообществом на сегодняшний день остро стоит необходимость в разработке эффективных и экологически безопасных средств защиты культурных растений от различных поражающих факторов, к числу которых относятся и заболевания грибной этиологии. Одним из перспективных направлений в данной области является изучение роли компонентов РНК-интерференции (РНКи). Этот уникальный механизм, в котором задействованы рибонуклеазы и короткие интерферирующие РНК (киРНК), эффективно узнающие целевые последовательности «чужеродных» РНК.

Ключевыми компонентами РНКи являются белки DCL и AGO, где первые, обладая РНКазной активностью, иницируют формирование коротких двуцепочечных фрагментов целевых РНК, а вторые, связывая эти фрагменты, используют их в качестве клише для распознавания мРНК генов-мишеней. Имеются данные о роли продуктов генов *Ago* и *DCL* в обеспечении устойчивости растений к вирусным патогенам [1, 2]. Кроме того, имеются данные о способности фитовирусов подавлять РНКи растения-хозяина - так называемом «вирус-индуцированном подавлении экспрессии генов» (англ. virus-induced gene silencing, VIGS) [3]. Есть основания полагать, что данные гены и кодируемые ими белки задействованы в формировании защитного ответа растений и против патогенов грибного происхождения. Например, показана дифференциальная последовательная активация генов *VvDCL1* и *VvDCL3* у винограда при грибном патогенезе [4].

В рамках данной работы нас интересовали изменения в уровне транскрипционной активности генов-компонентов РНКи *Ago1* и *Dcl4* при инфицировании возбудителем септориоза, а также при предобработке семян растения пшеницы бактериями *Bacillus subtilis* 26Д, *B. subtilis* 11Вm и *B. thuringiensis* Bt11. Эксперименты проводили на проростках мягкой яровой пшеницы *Triticum aestivum* L. восприимчивых к возбудителю септориоза сортов Салават Юлаев и Жница, а также устойчивого к патогену сорта Омская 25. Проростки выращивали на 10%-ном растворе Хогланда–Арнона. В эксперименте использовали штамм *B. subtilis* 26Д, *B. subtilis* 11Вm и *B. thuringiensis* Bt11 из коммерческого биопрепарата Фитоспорин–М. Семена перед посадкой обрабатывали суспензией клеток бактериальных штаммов полусухим способом из расчета 20 мкл суспензии клеток с конечным титром 10⁸ кл./мл на 1 г семян. Листья инфицировали путем нанесения 4 мкл суспензии пикноспор гриба *Stagonospora nodorum* Berk (10⁵ спор/мл) из коллекции лаборатории биохимии

иммунитета растений ИБГ УНЦ РАН. Выделение тотальной РНК из контрольных и опытных растений пшеницы проводили с использованием реагента “Trizol” согласно протоколу фирмы “Sigma” (Германия), из листьев пшеницы, зафиксированных в жидком азоте, через 24 и 72 ч. после инокуляции патогеном. ДНК была получена методом ОТ-ПЦР на матрице, выделенной из образцов РНК. Амплификацию проводили с помощью метода ПЦР в реальном времени на приборе «iCycler iQ5 Real-time PRC Detection System» («Bio-Rad», США) с использованием интеркалирующего красителя SYBR Green I. Изменение транскрипционной активности исследуемых генов оценивалось относительно референсных генов *RLI(a)* и *ARF*.

Выявлено, что инфицирование грибом *S. nodorum* Berk приводит к снижению транскрипционной активности генов *Ta_Ago1* и *Ta_DCL4* в растениях мягкой пшеницы, что говорит о способности патогена подавлять механизмы РНКи хозяина. Инокуляция штаммами бактерий *Bacillus spp.* растений устойчивой к грибу пшеницы сорта Омская 25, индуцировала транскрипционную активность генов *Ta_Ago1* и *Ta_DCL4* к 24 часу после инфицирования в более чем 4-6 раз. Ответная реакция на инфицирование восприимчивого сорта Жница после иммунизации бактериями *Bacillus spp.* происходила в более ранний срок (6 ч.).

Таким образом, полученные нами данные указывают с одной стороны на способность патогенов снижать эффективность защитных систем растений путем ингибирования экспрессии генов РНКи хозяина, и с другой на способность устойчивого сорта противодействовать этому ингибированию.

Работа финансировалась из средств гранта РФФИ 20-34-90004 Аспиранты.

Список литературы

1. Paudel D. B., Ghoshal B., Jossey S. et al. // *Virology*. 2018. Vol. 524. P. 127.
2. Журнов И. В., Трифонова Е. А, Кочетов А. В. // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17(3). С. 558.
3. Lange M., Yellina A. L., Orashakova S., Becker A. *Virus-Induced Gene Silencing: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology* / Ed. by A. Becker. Springer Science, New York, 2013. P. 1. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-278-0_1
4. Liu Q., Feng Y., Zhu Z. // *Functional & Integrative Genomics*. 2009. Vol. 9. P. 277.
5. Дорохов Ю. Л. // *Мол. биол.* 2007. Т. 41(4). С. 579
6. Panwar V., McCallum B., Bakkeren G. // *Plant Molecular Biology*. 2013. Vol. 81. P. 595–608.
7. Qi T., Guo J., Peng H. et al. // *International Journal of Molecular Sciences*. 2019. Vol. 20. 206.
8. Yin C., Hulbert S. H. // *Methods in Molecular Biology*. (N. Y.). 2018. Vol. 1848. 139.

УДК 632.937.3

О. В. Поленогова¹, О. Н. Ярославцева¹, Ю. А. Носков^{1,2},
Н. А. Крюкова¹, Т. Н. Клементьева¹, Е. Андреева¹,
В. П. Ходырев¹, В. Ю. Крюков^{1,2}, В. В. Глупов¹

¹Институт систематики и экологии животных,
Сибирского отделения Российской академии наук,
630091, Россия, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 11,
ovp0408@yandex.ru,

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, ул. Ленина, 36

ПАТОФИЗИОЛОГИЯ КИШЕЧНИКА КОЛОРАДСКОГО ЖУКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ *BACILLUS THURINGIENSIS* SUBSP. *MORRISSONI* И АВЕРМЕКТИНОВ: РОЛЬ ЭНТЕРОБАКТЕРИЙ В ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ИНСЕКТИЦИДАМ

Ключевые слова: *Leptinotarsa decemlineata*, биоинсектициды, энтомопатогены, симбионты, микробиота.

Физиология кишечника и бактериальное сообщество играют решающую роль в восприимчивости насекомых к инфекциям и инсектицидам. Взаимодействие бактериальных ассоциатов, патогенов и ксенобиотиков колорадского жука *Leptinotarsa decemlineata* (Say) изучено недостаточно. Мы изучили выживаемость, гистопатологию среднего кишечника, активность пищеварительных ферментов и бактериальные сообщества личинок *L. decemlineata* под влиянием *Bacillus thuringiensis* subsp. *morrisoni*, природного комплекса авермектинов и комбинации обоих агентов. Кроме того, мы оценили влияние энтеробактерий на чувствительность личинок колорадского жука к *B. thuringiensis* и авермектинам. Установлен аддитивный эффект между *B. thuringiensis* и авермектинами в гибели личинок сопровождающийся разрушением тканей среднего кишечника, снижением активности альфа-амилаз и щелочных протеаз. Кроме того, было отмечено снижение относительной численности внутриклеточного симбионта *Spiroplasma leptinotarsa* и значительному увеличению численности Enterobacteriaceae в среднем кишечнике. Более того, повышение количества КОЕ энтеробактерий наблюдалось под влиянием *B. thuringiensis* и авермектинов и наибольшее повышение было зарегистрировано после комбинированного воздействия. Насекомые, предварительно обработанные антибиотиками, были менее восприимчивы к *B. thuringiensis* и авермектинам, однако повторное введение энтеробактерий *Enterobacter ludwigii*, *Citrobacter freundii* и *Serratia marcescens*, являющихся доминантными в микробиоте *L. decemlineata*, повысило восприимчивость к обоим агентам. Мы предполагаем, что энтеробактерии играют важную роль в ускорении заражения *B. thuringiensis* и токсикога авермектина у *L. decemlineata*, а аддитивный эффект между *B. thuringiensis* и авермектином может быть опосредован изменениями в бактериальном сообществе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда № 19-76-00032.

Секция
«Современные методы диагностики
заболеваний растений»

УДК 633:632.8

Д. З. Богоутдинов, Н. В. Гирсова, Т. Б. Кастальева

*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»,
143050, Россия, р.п. Большие Вяземы Московской области, Институт, Владение 5,
kastalyeva@yandex.ru*

ОПАСНОСТЬ ФИТОПЛАЗМОЗОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Ключевые слова: фитоплазмы, кормовые культуры, ПЦР, анализ полиморфизма длины рестрикционных фрагментов (ПДРФ), таксономическая принадлежность фитоплазм.

Выращивание кормовых культур решает не только проблему кормовой базы животноводства, но, обогащая агробиогеноценозы видовым разнообразием культурных растений, способствует устойчивости растениеводства, мелиорации почв, увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, оптимизации их фитосанитарного состояния в условиях преобладания зерновых, введению в оборот залежных земель и пр.

Одной из проблем кормопроизводства является восприимчивость возделываемых культур к болезням и вредителям, снижающим продуктивность и качество кормов. В ряде регионов наиболее опасны фитоплазменные заболевания, объединяющие в патологическом процессе возбудителя (фитоплазма) и насекомого-переносчика (цикадки, листоблошки, клопы), что затрудняет борьбу с ними. Фитоплазмы не только снижают продуктивность вегетативной массы растений, что выражается в карликовости, возникновении «ведьминых метел» и усыхании, но и снижают семенную продуктивность, вызванную бесплодием репродуктивных органов из-за модификаций цветков, таких как филлодия, виресценция и пролиферация. В условиях богарного степного земледелия фитоплазменные болезни приводят к эпифитотиям. Фитоплазменная инфекция способствует снижению выносливости растений к абиотическим факторам и большей подверженности повреждениям вредителями и возбудителями болезней вирусной, грибной и бактериальной природы. Тем не менее, воздействие на растения фитоплазменных болезней часто не отличают от результатов воздействия абиотических или других факторов.

Цель исследования – определить видовой состав культурных и дикорастущих кормовых растений, поражаемых фитоплазмами, определить принадлежность фитоплазм, встречающихся в некоторых регионах Российской Федерации, к таксономической группе, охарактеризовать симптомы фитоплазменного инфицирования основных кормовых культур.

Материалом для исследования служили свежесобранные или высушенные части культурных и дикорастущих растений с признаками фитоплазменной инфекции из разных регионов России. Для обнаружения и идентификации фитоплазм использовали ПЦР и ПДРФ-анализ.

Фитоплазмы, принадлежащие к семи генетическим группам: 16SrI, 16SrII, 16SrIII, 16SrVI, 16SrXII, 16SrXIV и 16SrX, были идентифицированы у 47 видов растений из 19 семейств, половина из которых – культурные растения, а другая часть – дикорастущие, собранные в 17 административных районах Российской Федерации: Архангельской, Астраханской, Белгородской, Волгоградской, Вологодской, Воронежской, Калужской, Ленинградской, Московской, Новосибирской, Оренбургской, Ростовской, Самарской и

Тамбовской областях, а также в Республике Татарстан, Краснодарском и Ставропольском краях. Некоторые из этих видов, представляющие зерновые, корнеплоды, плодовые и травы, являются важными компонентами кормовой базы животноводства как стойлового, так и пастбищного содержания в различных формах хозяйств, в том числе фермерских. Более двадцати диких видов растений из 14 семейств могут быть перспективными для интродукции в качестве многолетних кормовых трав для залужения искусственных пастбищ: сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), амарант запрокинутый (*Amaranthus retroflexus* L.), сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris* W.T. Aiton), колокольчик сборный (*Campanula glomerata* L.), василёк шероховатый (*Centaurea scabiosa* L.), иван-чай узколистый (*Chamaenerion angustifolium* (L.) Holub), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski), герань лесная (*Geranium sylvaticum* L.), яснотка белая (*Lamium album* L.), чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.), льнянка обыкновенная (*Linaria vulgaris* Mill.), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), мальва приземистая (*Malva pusilla* Sm.), люцерна хмелевидная (*Medicago lupulina* L.), щавель конский (*Rumex confertus* Willd.), мыльнянка лекарственная (*Saponaria officinalis* L.), вязель пёстрый (*Securigera varia* (L.) Lassen), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* (L.) Webb ex F.H. Wigg), тимьян обыкновенный (*Thymus vulgaris* L.), клевер паннонский (*Trifolium pannonicum* Jacq.), горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), горошек заборный (*Vicia sepium* L.), горошек мохнатый (*Vicia villosa* Roth.).

Фитоплазменные болезни пшеницы и ячменя, выращиваемых на корм, люцерны, клевера и других бобовых, сахарной и кормовой свеклы, картофеля, а также фруктов плодовых, используемых на корм животным, в годы эпифитотий могут вызывать снижение качества и урожайности этих культур на 20-100%. Вредоносность фитоплазменных болезней возрастает в регионах, расположенных к югу от Среднего Поволжья, особенно в засушливые годы. Это необходимо учитывать при разработке региональных рекомендаций по выращиванию кормовых культур. Чтобы предотвратить вред от фитоплазмозов, необходимо проводить фитосанитарную оценку их распространения, используя молекулярно-генетические методы анализа, и учитывать региональные и сезонные условия. Внедрение поливидовых посевов кормовых трав может быть перспективным, только если их использовать в течение времени, пока не наблюдается снижение продуктивности из-за комплексного вырождения, в том числе по причине фитоплазменной инфекции.

УДК 579.64:632.3

И. М. Игнатьева, Е. В. Каримова, С. И. Приходько

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский центр карантина растений»,
140150, Россия, Московская обл., г. Быково, ул. Пограничная, 32,
babiraignirmi@yandex.ru

ДИАГНОСТИКА ВОЗБУДИТЕЛЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ОЖОГА ФАСОЛИ *XANTHOMONAS AXONOPODIS* PV. *PHASEOLI* В РАСТИТЕЛЬНОМ И СЕМЕННОМ МАТЕРИАЛЕ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПОМОЩИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Ключевые слова: бактериальный ожог фасоли *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, диагностика, экстракция, ПЦР, праймер.

Цель работы – изучение методов диагностики возбудителя бактериального ожога фасоли *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (далее *X. a.* pv. *phaseoli*).

В свете государственных задач по продовольственной безопасности и по импортозамещению отечественной растительной продукции проблема бактериозов в Российской Федерации приобретает первостепенное значение.

Бактериозы растений наносят значительный ущерб сельскохозяйственному производству Российской Федерации и сопредельных с ней стран. На сегодняшний день актуальными вопросом является увеличивающийся объем экспорта, при этом отечественная продукция должна соответствовать фитосанитарным требованиям стран-импортеров по определенным показателям, в том числе по отсутствию возбудителей бактериозов.

Возбудитель бактериального ожога фасоли сохраняется на поверхности и внутри семян, на зараженных растительных остатках, на поверхности растений-хозяев. Проникнув в растение, *X. a.* pv. *phaseoli* быстро размножается в межклеточном пространстве.

Возбудитель бактериального ожога фасоли *X. a.* pv. *phaseoli* поражает многие виды растений рода *Phaseolus* [1, 2].

Материалы и методы исследований. В процессе выполнения исследования в лаборатории бактериологии Испытательного Лабораторного Центра ФГБУ «ВНИИКР» использовали растительный материал, полученный при обследовании посевов зернобобовых культур, а также идущий на экспорт семенной материал. В исследовании использовали референтный штамм *X. a.* pv. *phaseoli* CFBP2534 из Французской коллекции бактерий фитопатогенов (Collection Francaise de Bacteries Phytopathogenes (CFBP), Париж, Франция).

Экстракцию ДНК проводили с помощью коммерческих наборов в соответствии с инструкцией производителя. В исследованиях применяли набор «Проба-ГС» ООО «АгроДиагностика», основанный на сорбционном методе выделения ДНК, а также набор реагентов для автоматического выделения нуклеиновых кислот из растительного материала на автоматических станциях TECAN «ФитоСорб-Автомат-48» (ЗАО «Синтол»), основанный на использовании магнитных частиц. Лаборатория оснащена автоматической станцией выделения нуклеиновых кислот TECAN «Freedom EVO» (Швейцария).

Результаты исследований. Нами были оптимизированы состав реакционной смеси и условия амплификации:

– классической ПЦР с праймерами в соответствии с Audy et al. (1995), позволяющей детектировать участок генома р7 *X. a. pv. phaseoli* с помощью прямого X4e (5'-CGC CGG AAG CAC GAT CCT CGA AG-3') и обратного праймеров X4c (5'-GGC AAC ACC CGA TCC СТА AAC AGG-3'). Ожидаемый размер продукта амплификации составляет 730 п.о. [5, 3];

– классической ПЦР с праймерами в соответствии с Leite Jr. et al. (2008), позволяющей детектировать участок генома hrp *X. a. pv. phaseoli* с помощью прямого RST21 (5'-GCA CGC TCC AGA TCA GCA TCG AGG-3') и обратного праймеров RST22 (5'-GGC ATC TGC ATG CGT GCT CTC CGA-3'). Ожидаемый размер продукта амплификации составляет 1075 п.о. [4].

Амплификацию проводили на амплификаторе ДТ-Прайм (ДНК-ТЕХНОЛОГИЯ) с последующей детекцией результатов ПЦР методом горизонтального гельэлектрофореза в 1,5% агарозном геле, окрашенном бромистым этидием.

Одним из основных критериев эффективности теста является аналитическая чувствительность [5]. При сравнении различных методов экстракции ДНК из растительного образца установлено, что оба набора применимы для выделения ДНК при дальнейшей идентификации *X. a. pv. phaseoli* праймерными системами X4e/X4c и RST21/RST22. ПЦР в соответствии с Audy et al. показал более высокую чувствительность (10^2 КОЕ/мл), в отличии от ПЦР в соответствии с Leite Jr. et al. (10^3 КОЕ/мл). Тем не менее оба теста могут быть использованы в диагностике возбудителя бактериального ожога фасоли в качестве отборочных как в симптоматическом, так и бессимптомном растительном и семенном материале.

Список литературы

1. Zamani Z., Bahar M., Jacques M. A. et al. // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2011. Vol. 27. P. 2371–2378.
2. Popović T., Balaž J., Nikolić Z. et al. // African Journal of Agricultural Research. 2011. Vol. 5(19). P. 2730–2736.
3. Audi P. A., Braat C. E., Saindom G. et al. // Phytopathology. 1996. Vol. 86. P. 361–366
4. Nunes W. M. C., Corazza M. J., Souza S. A. C. D. et al. // Summa Phytopathologia. 2008. Vol. 34 (3). P. 228–231.
5. Игнатьева И. М., Каримова Е. В. Изучение бактериозов возбудителей болезней зернобобовых культур и разработка методов их диагностики // Сборник материалов конференции «Современные подходы и методы в защите растений». 2018. С. 193–197.

УДК 632.3.01/.08:632.92

**Е. Н. Лозовая, Ю. Н. Приходько, Т. С. Живаева,
Ю. А. Шнейдер, Е. В. Каримова**

*ФГБУ Всероссийский центр карантина растений
(ФГБУ «ВНИИКР»),
140150, Россия, Московская область, Раменский г.о.,
р.п. Быково ул. Пограничная, 32,
evgeniyaf@mail.ru*

РАЗРАБОТКА И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ НЬЮ-ДЕЛИ ВИРУСА КУРЧАВОСТИ ЛИСТЬЕВ ТОМАТА

Ключевые слова: диагностика, Tomato leaf curl New Delhi virus (ToLCNDV).

Нью-Дели вирус курчавости листьев томата (ToLCNDV) является представителем рода Begomovirus семейства Geminiviridae. Род Begomovirus является самым крупным в семействе Geminiviridae и в настоящее время включает 388 видов.

ToLCNDV имеет широкий круг растений-хозяев, который включает в себя преимущественно растения семейств тыквенные (Cucurbitaceae) и пасленовые (Solanaeae), а также – семейств акантовые (Acanthaceae), амарантовые (Amaranthaceae), астровые (Asteraceae), бобовые (Fabaceae), вьюнковые (Convolvulaceae), гречишные (Polygonaceae), кариковые (Caricaceae), мальвовые (Malvaceae), молочайные (Euphorbiaceae) и сельдерейные (Apiaceae).

В ходе исследований проведено испытание 8 пар специфических праймеров для диагностики ToLCNDV методами классической ПЦР и ПЦР в реальном времени. Тест-объектами являлись референтные изоляты бегомовирусов: ToLCNDV, TYLCV, TYLCSV, ACMV и BGMV [1]. Испытания проводили с наборами реагентов для ПЦР фирм Диалат, Евроген, Синтол (все – Россия) и ThermoScientific (США).

Проведенные эксперименты показали возможность использования праймеров MA1788/MA1789 [2] для высокоспецифичного и чувствительного выявления ToLCNDV с наборами реагентов трех различных фирм-производителей.

Праймеры ToLCNDV-BF/ToLCNDV-BR [3] показали себя как высоко чувствительные к ToLCNDV и позволяющие выявлять целевой объект при разведениях инфекционного сока в 10^{-4} – 10^{-6} . Их наиболее целесообразно использовать для проведения подтверждающих тестов на наличие ToLCNDV.

Установлено что праймеры PadCPPVX F1/PadCPPVX R1 ([4] в модификации авторов) эффективно выявляют референтные изоляты PC-1109 и PC-1111 ToLCNDV, не реагируют при этом с нецелевыми изолятами других вирусов.

Констатировано, что праймеры ToLCNDV-2558F1/ToLCNDV-2557R1 ([5] в модификации авторов статьи) обладают высокой специфичностью, но низкой чувствительностью.

Праймеры JKR58 F/JKR 59R [6] не реагируют с изолятами 20 нецелевых вирусов, которые распространены на пасленовых и тыквенных овощных культурах и могут встречаться в смешанной инфекции с ToLCNDV. Кроме того установлена также очень высокая чувствительность тестов с праймерами JKR58 F/JKR 59R

По результатам проведенных экспериментов констатирована принципиальная возможность использования праймеров и зонда ToLA-Up/ToLA-Low/ToLA-Probe [7] для проведения скрининговых тестов на наличие ToLCNDV методом ПЦР в реальном времени.

Проведена валидация всех испытуемых праймеров с оценкой аналитической чувствительности, специфичности, повторяемости и воспроизводимости результатов.

Список литературы

1. Лозовая Е. Н., Приходько Ю. Н., Живаева Т. С., Шнейдер Ю. А. // Фитосанитария. Карантин растений. № 2(2). С. 41–54.
2. Fortes I.M., Sánchez-Campos S., Fiallo-Olivé E. et al. // Viruses. 2016. Vol. 8. 307.
3. Ruiz M. L., Simón A., Velasco L. et al. // Plant Disease. 2015. Vol. 99. 894.
4. Iqbal Z., Khurshid M. // Pakistan Journal of Zoology. 2017. Vol. 49(3). P. 1025–1031.
5. Alfaro-Fernández A., Sánchez-Navarro J.A., Landeira M. et al. // Journal of Plant Pathology. 2016. Vol. 98(2). P. 245–250.
6. Kumar R., Palicherla S. R., Mandal B., Kadiri S. // Australasian Plant Pathology. 2018. Vol. 47(1). P. 115–118.
7. Simon A., Ruiz L., Velasco L., Janssen D. // Plant Disease. 2018. Vol. 102. P. 165–171.

УДК 632.3.01/.08:632.92

**А. А. Лопаткин, Ю. Н. Приходько, Т. С. Живаева,
Н. А. Хорина, Ю. А. Шнейдер**

*ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»),
140150, Россия, Московская область,
г. Раменское, р.п. Быково, ул. Пограничная, 32,
loparkin86@mail.ru*

МЕТОД ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВИРУСОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР: ВИРУСА КАРЛИКОВОЙ МОЗАИКИ КУКУРУЗЫ (MAIZE DWARF MOSAIC VIRUS) И ВИРУСА МОЗАИКИ КОСТРА (BROME MOSAIC VIRUS)

Ключевые слова: зерновые культуры, полимеразно-цепная реакция, MDMV, BMV.

Зерновые культуры – важнейшая группа сельскохозяйственных растений, играющая ключевую роль в экспортном потенциале РФ. Фитосанитарные требования стран-импортеров зерна включают в себя отсутствие вирусных инфекций в поставляемой продукции. Основное значение среди экспортируемых РФ культур имеют кукуруза и пшеница. Следовательно, вирусы этих растений имеют особое экономическое значение. Так вирус карликовой мозаики кукурузы (MDMV) способен снижать урожай кукурузы на 42%. Урожай пшеницы вследствие заражения вирусом мозаики костра (BMV) снижается до 61% [1]. В связи с этим необходимо использование быстрой и точной диагностики вирусов, поскольку тестирование партий, отправляемых на экспорт, должно проходить в кратчайшие сроки.

В ходе данной работы для диагностики вирусов был выбран метод ПЦР в реальном времени (ПЦР-РВ), как наиболее быстрый и точный. Проведена оценка предлагаемых в литературе праймеров и зондов. Все исследуемые ПЦР системы должны были отвечать параметрам высокой чувствительности и специфичности. Для диагностики вируса карликовой мозаики кукурузы были применены праймеры MDMV-F1/MDMV-R1 [2]. В ходе работы было показано, что при температуре отжига праймеров в 55°C, предлагаемой в исходной статье, помимо целевого вируса, также образуется неспецифический ПЦР-продукт с близкородственным вирусом мозаики сахарного тростника (SCMV). Для проведения видоспецифичной диагностики была проведена оптимизация ПЦР путем подбора температуры отжига праймеров. Температура отжига праймеров, при которой в реакции выявлялся только специфический продукт, составила 62°C. Для проведения ПЦР-РВ был выбран интеркалирующий краситель EvaGreen I (рис. 1).

Диагностика вируса мозаики костра так же обрабатывалась в формате ПЦР-РВ, но для детекции результатов использовался TaqMan-зонд. Амплификация проводилась с праймерами BMV-F/BMV-R и зондом BMV-P [3]. Данная реакция показала высокую специфичность и при использовании в качестве матрицы кДНК разных вирусов зерновых ПЦР-продукт образуется только для целевого вируса – BMV (рис. 2).

Оба исследуемый патогена – это РНК-вирусы, следовательно, ПЦР-диагностика проводилась в два этапа: обратная транскрипция и амплификация кДНК с видоспецифичными праймерами.

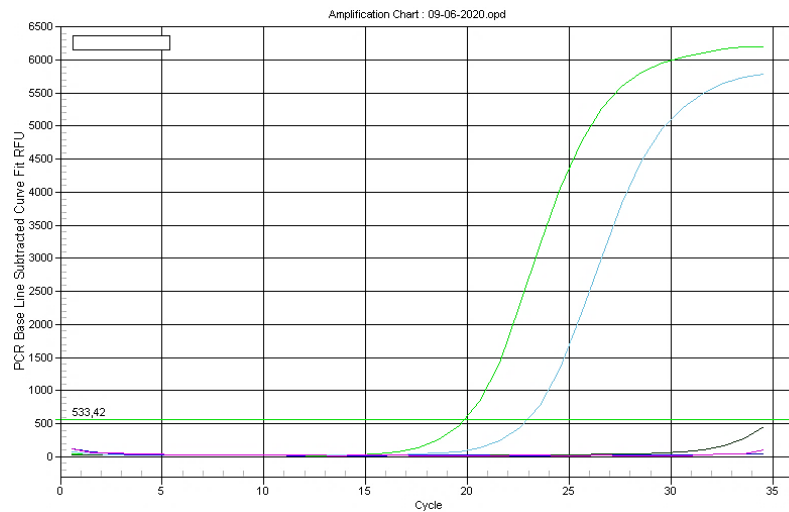


Рисунок 1. Результат ПЦР-РВ на матрице кДНК MDMV (отмечено салатовым и голубым цветами) и SCMV (зеленый и розовый цвет). Синим цветом показан отрицательный контроль

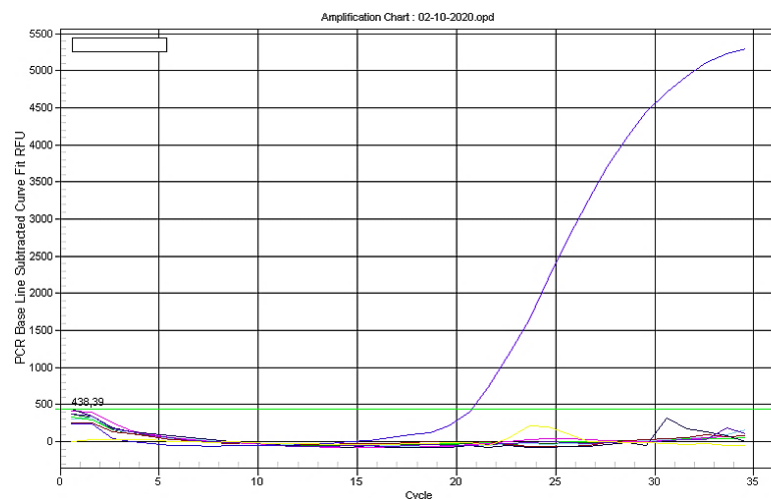


Рисунок 2. Результаты ПЦР-РВ на матрице кДНК BSMV, VaYDV, VaMMV, BMV, WSMV, WDV, BstMV и WSSMV. Положительная реакция показана только для BMV

Таким образом, в ходе исследования отработана диагностика двух вирусов зерновых культур. Показана специфичность применяемых праймерных систем и оптимизированы условия проведения реакции, а так же показана применимость праймеров MDMV-F1/MDMV-R1 для ПЦР-РВ с интеркалирующим красителем EvaGreen I.

Отработанная ПЦР-диагностика была применена в ходе научного мониторинга в регионах Российской Федерации и показала свою высокую эффективность, как при тестировании зеленой массы, так и для исследования семян растений-хозяев.

Список литературы

1. *Hodge B., Paul P. A., Stewart L. R.* Brome mosaic virus reduces wheat yield in both early and late growth stage infections // *Plant Health in a Global Economy. Abstracts of Poster Presentation.* 2018.
2. *Diagnostic Methods for Maize dwarf mosaic virus.* Diagnostic Protocol 12:54:09 PM (2016). 20 p.
3. *Ferns R. B., Garson J. A.* // *Journal of Virological Methods.* 2006. Vol. 135. P. 102–108.

УДК 632.4.01/.08

Т. А. Макарова, П. Н. Макаров, З. А. Самойленко

Сургутский государственный университет,
628400, Россия, г. Сургут, ул. Ленина, 1,
tatiana.makarowa2010@yandex.ru

ИНФЕКЦИОННЫЕ БОЛЕЗНИ ВИДОВ РОДА *SALIX* L. В НАСАЖДЕНИЯХ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ

Ключевые слова: род *Salix*, возбудитель болезни, инфекционные болезни, устойчивость растений, древесные насаждения, микозы.

Растительность Ханты-Мансийского автономного округа широко представлена видами семейства ивовые (*Salicaceae*). В прирусловой части крупных рек (Обь, Иртыш) и их многочисленных притоков, сосредоточены пойменные ивовые леса. Всего на территории округа зарегистрировано 29 видов ив, все являются аборигенными [1]. В последнее десятилетие ивы стали широко использоваться в озеленении северных городов в качестве фоновых видов при формировании искусственных насаждений. Однако развитию и росту растений в значительной степени препятствуют инфекционные болезни, распространение и интенсивность развития которых зависит от устойчивости видов к фитопатогенным организмам. В связи с этим целью нашей работы стало – изучить фитопатологическое состояние видов рода *Salix*, установить видовой состав возбудителей болезней, оценить степень распространения болезней в условиях округа. На основании полученных данных дать рекомендации по формированию и содержанию растений в городских насаждениях.

Исследования проводили в период с 2008 по 2019 гг. на территории Сургутского, Нефтеюганского и Ханты-Мансийского районов. Для диагностики возбудителей болезней применяли общепринятые фитопатологические методы исследования [4; 5].

Мониторинг состояния зеленых насаждений ХМАО показал высокую степень заражения растений микозами [2; 3]. Заболевания в значительной степени снижают декоративные качества, санитарно-гигиенические свойства, устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды.

Цитоспоровый некроз (цитоспороз) побегов и стволов ивы вызывает гриб *Valsa ambiens* (Pers.) Fr. (отдел Ascomycota, класс Pycnomycetes, порядок Diaporthales). На поверхности пораженных побегов хорошо заметны спороношения гриба в виде черных плотных образований, выступающих из разрывов коры. Интенсивность поражения растений болезнью в городских насаждениях составляет 22,7%, степень распространения – 54,5%.

Диплодиновый некроз ив вызывает гриб *Cryptodiaporthe salicella* (Fr.) Petr. (отдел Ascomycota, класс Taphrinomycetes, порядок Taphrinales). На поверхности коры формируются темные, сученные конидиомы. Развивается конидиальная стадия гриба (*Diplodina microsperma* (Johnst.) B. Sutton). Споры эллиптические, двуклеточные, прямые. Сумчатая стадия гриба (*Cryptodiaporthe salicella*) образуется редко. Интенсивность поражения растений болезнью в городских насаждениях составляет 16,1%, степень распространения – 28,5%. Некрозом поражаются ивы *S. viminalis* L., *S. alba* L., *S. caprea* L., *S. cinerea* L., *S. viminalis* L., *S. aculifolia* Willd.

Тримматостромовый некроз ив вызывает гриб *Trimmatostroma salicis* Corda. (класс Ceolomycetes, порядок Melanconiales). Плодовые тела гриба округлые, многочисленны. Конидии с двумя–семью перегородками, образуются цепочками. Интенсивность поражения растений болезнью в городских насаждениях составляет 9,5%, степень распространения – 10,7%. Восприимчивой к болезни является *S. phyllicifolia* L.

Мучнистую росу растений вызывают грибы *Uncinula adunca* (Wallr.: Fr.) Lev и *Phyllactinia guttata*. (Fr.) Lev. (отдел Ascomycota, класс Eufungi, порядок Erysiphaceae). Наибольшее распространение в регионе имеет гриб *Uncinula adunca*. Летом (II декада июля) на мицелии образуются конидии, в I декаде августа формируются – клейстотеции. Степень распространения болезни в городских насаждениях составляет 17,3%. Гриб *Uncinula adunca* поражает все растения семейства Ивовые. Наиболее восприимчива к болезни *S. viminalis*.

Ржавчину вызывает гриб *Melampsora salicina* (Lev) Kleb. (отдел Basidiomycota, класс Urediniomycetes, порядок Uredinales). Развитие гриба происходит на разных растениях: основным растением-хозяином является ива, где образуются урединии, – телио и – базидиальное спороношение гриба, промежуточными растениями являются лиственница и смородина, где развиваются весенние стадии гриба – спермогонияльная (пикнидияльная) и эциальная. Интенсивность поражения растений болезнью в городских насаждениях составляет 19,3%, степень распространения – 27,2%. Ржавчинными грибами в округе поражаются ивы *S. viminalis* L., *S. cinerea* L., *S. caprea* L., *S. triandra* L., *S. pentandra* L. Восприимчивой к болезни является *S. viminalis* L.

Массовое распространение (54,6%) имеет черная пятнистость листьев. Возбудитель болезни – гриб *Rhytisma salicinum* (Pers.) Rhem. (отдел Ascomycota, класс Eufungi, порядок Phacidiales). Интенсивность поражения растений болезнью в городских насаждениях составляет 39,3%. Сильно поражаются пятнистостью ивы *S. viminalis* L., *S. cinerea* L., *S. caprea* L., *S. triandra* L., *S. pentandra* L., и *S. dasyclados* Wimm. Восприимчивой к болезни является *S. dasyclados* Wimm. На ивах отмечены ксилотрофные грибы, степень распространения которых не превышает 5% – *Osmoporus odoratus* (Fr.) Sing. (= *Anisomyces odoratus* (Wulf et Fr.) Pill.), *Coriolus hirsutus* (Wulf) Quel., поражающие ослабленные растения. Широкое распространение (60%) и наибольшую опасность ивам (вызывает белую гниль стволов) в городских насаждениях представляет *Phellinus igniarius* (L.) Quel.

В заключении следует отметить, что разные виды ив обладают различной степенью устойчивости к инфекционным болезням, что необходимо учитывать при формировании искусственных насаждений.

Список литературы

1. Красноборов И. М., Шауло Д. Н., Ломоносова М. Н. Определитель растений Ханты-Мансийского автономного округа. Новосибирск-Екатеринбург: Изд-во «Баско», 2006. 304 с.
2. Макарова Т. А., Макаров П. Н., Алехина Л. В., Ревуцкая Н. П. // Естественные науки. 2009. № 4. С. 25–30.
3. Макарова Т. А., Макаров П. Н. // Вестник Нижневартского государственного университета. 2016. № 2. С. 81–87.
4. Соколова Э. С., Галасьева Т. В. Инфекционные болезни листьев древесных растений. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. 42 с.
5. Чумаков А. Е., Минкевич И. И., Власов Ю. И., Гаврилова Е.А. Основные методы фитопатологических исследований. М.: Колос, 1974. 191 с.

УДК 632.4.01/.08

Е. В. Михайлова, М. Ю. Шейн, В. Ю. Алексеев,
А. С. Сухарева, М. А. Панфилова

Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН,
450054, Россия, г. Уфа, Проспект октября, 71,
mikhele@list.ru

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПАТОГЕНОВ, ВЫЗЫВАЮЩИХ МУЧНИСТУЮ РОСУ

Ключевые слова: мучнистая роса, Erysiphaceae, *Erysiphe* sp., ITS, GST, секвенирование.

Мучнистая роса — одно из самых слабо исследованных грибных заболеваний растений. Оно вызывается сумчатыми грибами семейства Erysiphaceae, которые являются облигатными паразитами и не культивируются на питательных средах [1]. В связи с этим, недостаточно изучены и механизмы защиты растений от этого опасного патогена. Особенно актуальна данная проблема для сельскохозяйственных культур семейства Капустные, у которых до сих пор не выведены сорта, устойчивые к мучнистой росе.

Считается, что мучнистая роса зимует в растительных остатках, но её резервуаром могут служить также многолетние сорные растения, такие как вьюнок полевой *Convolvulus arvensis* (рисунок) и осот (*Sonchus oleraceus*, *S. arvensis*) [2].



Рисунок. Рапс (*B. napus*) и вьюнок (*C. arvensis*), пораженные мучнистой росой

Идентификация видов микроорганизмов с использованием молекулярных методов имеет определенные сложности [3]. Тем не менее, секвенирование нуклеотидных последовательностей внутренних транскрибируемых спейсеров ITS1 и ITS2, находящихся между консервативными генами рРНК, при помощи праймеров ITS4n и NS7:5 [4] хорошо подходит для исследования генетического разнообразия видов семейства Erysiphaceae.

По результатам филогенетического анализа, проведенного секвенирования ДНК мучнистой росы, поражающей различные растения (рапс и вьюнок) можно судить о том, что данный патоген является видоспецифичным. Сходство последовательностей ITS мучнистой росы из различных местообитаний, поражающей один и тот же вид растений, было крайне высоким. При этом патогены из одного и того же местообитания, поражающие разные виды растений (*Erysiphe convolvuli* и *E. cruciferaum*) достоверно различались.

Таким образом, маловероятно, что мучнистая роса вьюнка (*E. convolvuli*) может инфицировать рапс. Тем не менее, пораженность посевов рапса вьюнком создает благоприятные условия для развития заболевания, а также приводит к снижению иммунитета растения. Поскольку выведение устойчивых к мучнистой росе сортов рапса методами традиционной селекции не ведется, оптимальным является придание растениям устойчивости к этому заболеванию методами геномной инженерии и геномного редактирования. В качестве целевых могут быть выбраны гены глутатион-S-трансфераз [5], *PR1*, *PMR5*, *PMR6* [1, 6] и другие.

Работа выполнена при поддержке гранта МК-1146.2020.11.

Список литературы

1. Vogel J. P., Raab T. K., Somerville C. R., Somerville S. C. // The Plant Journal. 2004. Vol. 40. P. 968–978.
2. Иванцова Е. А. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2008. №. 4(12). С. 22–27.
3. Ko T. W. K., Stephenson S. L., Bahkali A. H., Hyde, K. D. // Fungal Diversity. 2011. Vol. 50. P. 113.
4. Gao Y. R., Han Y. T., Zhao F. L. et al. // Plant Physiology and Biochemistry. 2016. Vol. 98. P. 12–24.
5. Wang J. M., Liu H. Y., Xu H. M. et al. // Molecular biology reports. 2012. Vol. 39. P. 381–387.
6. Vogel J. P., Raab T. K., Schiff C., Somerville S. C. // The Plant Cell. 2002. Vol. 14. P. 2095–2106.

УДК 632.3

С. И. Приходько, И. Н. Писарева, К. П. Корнев

*Всероссийский центр карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР»),
140150, Россия, Московская область,
Раменский район, г. Раменское,
р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32,
svetlana.prik@yandex.ru*

ДИАГНОСТИКА ОПАСНОЙ КАРАНТИННОЙ БАКТЕРИИ *XYLELLA FASTIDIOSA* WELLS ET AL.

Ключевые слова: диагностика, бактериоз, ПЦР, чувствительность, специфичность.

Xylella fastidiosa является карантинным вредным организмом, отсутствующим на территории ЕАЭС и вызывает такие заболевания растений, имеющие экономическое значение как: бактериоз (болезнь Пирса) винограда, пестрый хлороз цитрусовых, болезнь «фони» персика, ожог листьев сливы, синдром быстрого усыхания оливковых деревьев, ожоги листьев миндаля, кофе, олеандра, пекана, черники и некоторых видов парковых деревьев. По данным EFSA в 2020 году количество поражаемых *X. fastidiosa* растений составило 595 различных видов [1, 2]. Экономический ущерб, связанный с заболеваниями, вызванными *X. fastidiosa*, ежегодно оценивается в миллионы долларов [2]. Диагностика возбудителя бактериоза (болезнь Пирса) винограда в импортном посадочном материале имеет огромное значение для предупреждения интродукции фитопатогена на территорию РФ. Целью данных исследований является подбор, апробация и совершенствование существующих методов выявления и идентификации возбудителя бактериоза винограда (болезнь Пирса) из растительного материала.

Материалы и методы. Для определения чувствительности тестов использовали 9 разведений тотальной ДНК, извлеченной из зараженных *X. fastidiosa* олив. Постановка опыта проводилась в 4-х кратной повторности. Для экстракции ДНК использовали готовый набор «ФитоСорб-Автомат-48» (ЗАО «Синтол»), выделение ДНК проводили на автоматической станции Freedom EVO (Тесан, Швейцария) [3].

Авторами были испытаны и оптимизированы 5 тестов ПЦР «в реальном времени»: по Harper et al., 2010 (erratum 2013); по Francis et al., 2006; по Ouyang et al., 2013 (M); по Li et al., 2013; набор «Фитоскрин. *Xylella fastidiosa*-PB» (ЗАО «Синтол»), а также классический ПЦР-тест по Minsavage et al., 1994 [4].

Результаты. Было установлено, что все тесты одинаково эффективно выявляют возбудителя в четырех повторностях 5-го разведения (100%). При этом более ранние циклы были получены при тестировании коммерческого набора «Фитоскрин. *Xylella fastidiosa*-PB» и ПЦР-PB по Ouyang et al., (2013 (M)). Тем не менее, наиболее стабильные результаты показали диагностические системы по Harper et al., (2010) и Francis et al. (2006). Данные тесты детектировали ДНК возбудителя в 6-м разведении в 3-х повторностях из 4-х (75%).

Диагностическая система «Фитоскрин» детектировала ДНК патогена в двух повторностях 6-го разведения (50%). ПЦР-PB в соответствии с Ouyang et al. (2013 (M)) и Li et al. (2013) в 6-м разведении ДНК фитопатогена не выявили. На рисунке показаны

сравнительные данные пороговых циклов детекции ДНК *X. fastidiosa* в 5-ти разведениях всех испытанных ПЦР-РВ.

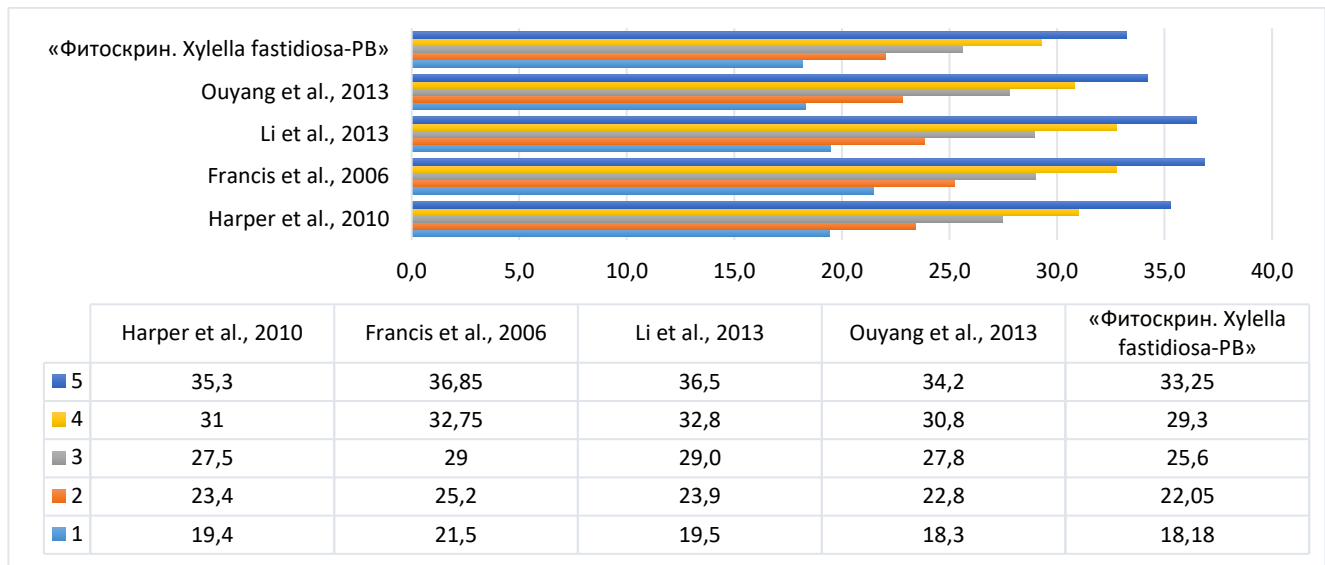


Рисунок. Сравнение чувствительности различных ПЦР-тестов для выявления *X. fastidiosa* по среднему значению порогового цикла в пяти разведениях ДНК

Наименьшую чувствительность имеет классическая ПЦР в соответствии с Minsavage et al. (1994). Порогом выявления ДНК возбудителя болезни Пирса для данной тест-системы является 4-е разведение ДНК и при этом фрагменты четко визуализируются. Для проверки специфичности тестов использовали ДНК чистых культур 51 штамма сапрофитных и фитопатогенных бактерий. Установлена высокая специфичность тестов ПЦР-РВ. Испытание классической ПЦР по Minsavage et al., (1994) показало наличие кросс-реакции с штаммом *Acidovorax citruli* и амплификацию неспецифичного фрагмента с ДНК *Ralstonia piketti*, *Pseudomonas putida*, *Ochrobactrum* sp., *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*.

Таким образом, в ходе исследований определены наиболее эффективные методы для диагностики возбудителя – это «Фитоскрин. *Xylella fastidiosa*-РВ» и ПЦР-РВ в соответствии с Harper et al., (2010). Остальные тесты могут применяться в качестве подтверждающих в случае положительного результата или же при идентификации изолятов бактериальных культур.

Список литературы

1. Update of the *Xylella* spp. host plant database – systematic literature searches up to 30 June 2019. Scientific report, EFSA. 2020. P. 1–61.
2. Sicard A., Zeilinger A.R., Vanhove M. et al. // Annual Review of Phytopathology. 2018. Vol. 56. P. 9.1–9.22
3. Писарева И. Н., Приходько С. И., Корнев К. П. // Карантин растений. Наука и практика. 2019. Т. 4(30). С. 30–33.
4. PM 7/024 (4) *Xylella fastidiosa* // Bulletin OEPP/EPPO Bulletin. 2019. Vol. 49(2). P. 175–227.

УДК 632.4.01/08

Т. А. Сурина, М. Б. Копина, О. В. Синкевич

Всероссийский центр карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР»),
140150, Россия, Московская область, г. Раменское,
р.п. Быково, Пограничная ул., 32,
t.a.surina@yandex.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАРИАБЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ГЕНОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ КАРАНТИННЫХ ВИДОВ РОДА *PHYTOPHTHORA*

Ключевые слова: карантинные фитофторозы, диагностика, секвенирование, анализ последовательностей.

Карантинные для территории ЕАЭС фитофторозы включают в себя возбудителей болезней декоративных (*Phytophthora ramorum* Werres, De Cock & Man in 't Veld, *Phytophthora kernoviae* Brasier, Beales & S.A. Kirk) и ягодных культур (*Phytophthora fragariae* C.J. Hickman, *Phytophthora rubi* Man in t Veld). Традиционное определение возбудителей рода *Phytophthora* основано на изучении морфологических признаков, характере роста колоний на питательных средах. Существенным недостатком последнего метода является длительность его исполнения, а также сложность выделения возбудителей из растительного материала в чистую культуру. Кроме того, карантинные и некарантинные виды рода *Phytophthora* обладают очень схожей морфологией, что в лабораторной практике может привести к ложноположительным или ложноотрицательным результатам.

Одним из наиболее современных методов идентификации возбудителей фитофторозов является секвенирование последовательностей ДНК, которое позволяет быстро и достоверно идентифицировать оомицетов рода *Phytophthora* на любой стадии их развития. Чаще всего для баркодирования грибов и грибоподобных организмов используют регион ITS (внутренний транскрибируемый спейсер рибосомальной ДНК) [1]. Однако, как показали исследования, последовательность этого участка недостаточно изменчива и поэтому имеет ограниченное применение для межвидовой идентификации видов *Phytophthora*. В последнее время для идентификации фитофторозов начали активно использовать альтернативные ядерные (60S ribosomal protein L10, β -tubulin, enolase, HS protein 90, large subunit rRNA, TigA gene fusion, translation elongation factor 1 α) и митохондриальные (cox1, nad1, COX2, nad9, rps10, и SecY) локусы.

Для разработки высокоспецифичных тест-систем на карантинные виды рода *Phytophthora* нами были выбраны: gas-related protein (Ypt1) ген, субъединица I цитохром-с-оксидазы (COI, COX1), ген бета-тубулина (btub), ген фактора элонгации трансляции 1-альфа (EF1A), ген АТФ-синтазы белка 9 (atp9), ген энлазы (ENL), ген белка теплового шока 90 (HSP90), ген SecY (secY), ген рибосомного белка L10. Анализ последовательностей проводили с помощью программы BioEdit v. 7.0.5.3, основываясь на наименьшей комплементарности конкретного участка гена аналогичным участкам других видов фитофтор. Выбор целевых видов для анализа основывался на филогенетическом сходстве, морфологических признаках и растениях-хозяевах.

Субъединица I цитохром-с-оксидазы (COI, COX1) это кодируемый митохондриями ген. Цитохромоксидаза присутствует во внутренней мембране митохондрий всех эукариот, а также

в клеточной мембране многих аэробных бактерий. Анализ нуклеотидных последовательностей выбранных видов по данному гену показал небольшую вариабельность данного участка.

Для молекулярной идентификации грибов методом секвенирования широко используют гены бета-тубулина (btub)) и фактора элонгации трансляции 1-альфа (EF1A). Для большинства патогенов эти участки позволяют отличать виды друг от друга, однако они не подходят для идентификации видов рода *Phytophthora*, так как не имеют больших отличий в последовательностях.

Анализ нуклеотидных последовательностей гена АТФ-синтазы белка 9 (atp9) близкородственных видов *Phytophthora* выявил много вариабельных участков. Аденозинтрифосфатсинтаза митохондриальной мембраны – это группа ферментов, относящихся к классу транслоказ, синтезирующих аденозинтрифосфат (АТФ) из аденозиндифосфата (АДФ) и неорганических фосфатов (рис. 1).

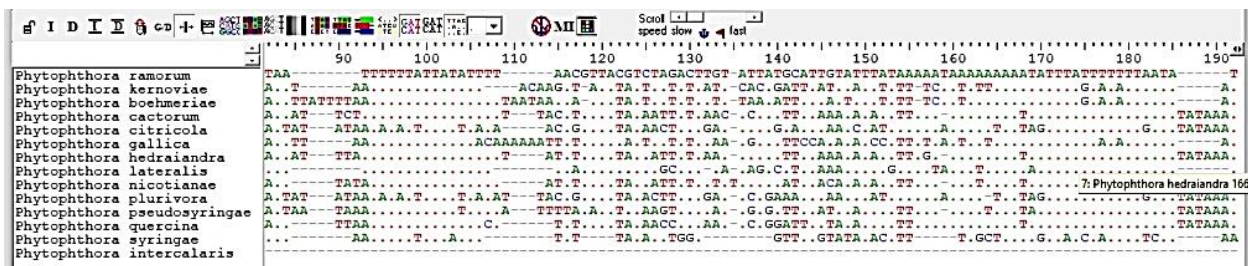


Рисунок 1. Выровненные последовательности по гену atp9

Анализ нуклеотидных последовательностей генов энлазы, белка теплового шока 90 и субъединицы белковой транслоказы SecY не выявил сильной изменчивости между видами.

Ras-related protein (Ypt1) ген регулирует доставку секреторных пузырьков из эндоплазматического ретикулума. Также участвует в переработке мембранных белков. Проведенный анализ последовательностей этого гена выявил несколько вариабельных участков, которые можно использовать для дизайна праймеров и зондов (рис. 2).

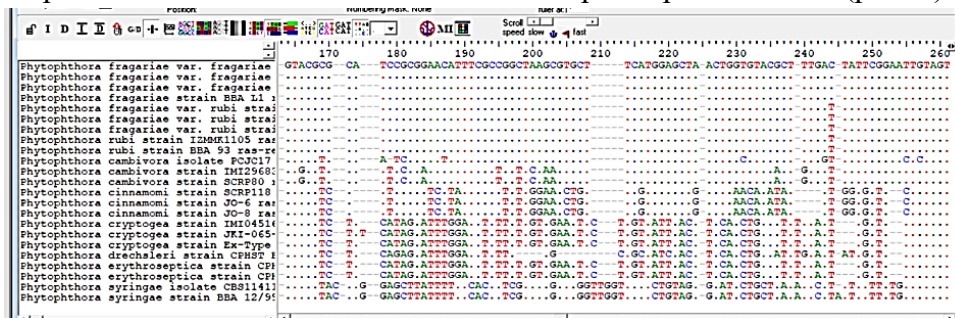


Рисунок 2. Анализ последовательностей гена Ypt1

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить два гена (atp9, Ypt1), на основе которых можно разработать видоспецифичные тест-системы для идентификации карантинных видов *Phytophthora*.

Список литературы

1. White T. J., Bruns T., Lee S., Taylor W. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. PCR Protocols. A Guide to Methods and Applications, Academic Press, San Diego. 1990. P. 135–156.

УДК 632.4.01/.08

Д. А. Уварова¹, Ю. В. Цветкова^{1,2}

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»),
140150, Россия, г. Москва, р-н Быково, ул. Пограничная, 32,
darya.uvarova.93@mail.ru,

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Биологический факультет МГУ,
19234, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12,
yutska@mail.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ВОЗБУДИТЕЛЯ АНТРАКНОЗА ЗЕРНОВЫХ *COLLETOTRICHUM GRAMINICOLA* SENSU LATO

Ключевые слова: кукуруза, овёс, антракноз зерновых, идентификация.

Возбудитель антракноза *Colletotrichum graminicola* относится к опасным болезням кукурузы, который описан также как возбудитель антракноза овса [5]. Пятнистость листьев снижает площадь и время протекания фотосинтеза. Отмирание верхушки, листьев и междоузлий также снижает урожайность. Ещё больший ущерб приносит стеблевая форма болезни. Стеблевая гниль способствует ранней гибели растений, снижает массу 1000 зерен и вызывает стеблевое полегание. Урожай на пораженных растениях снижается на 10–16% [1].

Необходимо отметить, что *C. graminicola* входит в карантинные перечни многих стран импортёров российского зерна (например, Египет, Монголия, Китай) [4]. В Российской Федерации болезнь на растениях кукурузы отмечена только на территории Дальнего Востока, на овсе – во многих регионах центральной нечерноземной зоны.

Благодаря разработке и использованию генетических методов, вид *C. graminicola* стал комплексом видов, поражающих зерновые культуры и был разделен на ряд видов, приуроченных к различным растениям-хозяевам [6]. *C. graminicola sensu stricto* – патоген растений кукурузы. В связи с тем, что вид *C. graminicola* является экспортным и по морфологическим признакам схож с близкородственными видами, необходимо четко разделять виды внутри комплекса и их приуроченность к растениям. Поэтому, разработка достоверных и специфичных методов диагностики является актуальной задачей.

В настоящее время диагностика грибов рода *Colletotrichum* осуществляется в основном классическими методами: биологическим методом – влажная камера и питательная среда, методом микроскопирования и морфометрии.

На базе ФГБУ «ВНИИКР» была проведена оптимизация методов диагностики *C. graminicola sensu lato*, а также проведен сравнительный анализ полученного изолята и изолятов различных видов комплекса из базы данных NCBI по ряду нуклеотидных последовательностей. В ходе работы сотрудниками лаборатории микологии ИЛЦ и научного отдела молекулярных методов диагностики была подобрана оптимальная питательная среда для роста и развития чистой культуры. Для оценки результата учитывались спороношение гриба и скорость роста колонии. А также впервые в России был проведен молекулярно-генетический анализ возбудителя антракноза овса.

В ходе молекулярно-генетического анализа фитопатогена было установлено, что на растениях овса антракноз вызывает *Colletotrichum cereale*, который по морфологическим признакам не отличается от *C. graminicola*. Стоит отметить, что по изученным литературным данным, основанным на морфологических признаках, возбудителем антракноза овса является *C. graminicola*, что является ошибочным [2, 3]. Таким образом, необходимо четко разделять виды внутри комплекса и их приуроченность к растениям-хозяевам при идентификации возбудителя.

Список литературы

1. *Жирак-Петерсон Д., Эксер П.* Антракноз кукурузы: новые исследования старой проблемы (Перевод с англ. Уляницкая Н.) // Журнал «Зерно». 2011. № 08(64). [Электронный ресурс] URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2011/avgust-2011-god/antraknoz-kukuruzy-novyey-issledovaniya-staroy-problemy> (дата обращения: 30.09.2020).
2. *Котова В. В., Кунгурцева О. В.* Антракноз сельскохозяйственных растений. Вестник защиты растений. СПб.: ВИЗР, 2014.
3. *Хохряков М. К., Доброзракова Т. Л., Степанов К. М., Летова М. Ф.* Определитель болезней растений. Ленинград, 1966.
4. *Gale L. R.* A Population genetic approach to variation in *Colletotrichum graminicola*, the causal agent of sorghum anthracnose. Sorghum and millets diseases / Ed. by J. F. Leslie. Iowa State Press, 2002.
5. *Crouch J. A., Beirn L. A.* // Fungal Diversity 2009. Vol. 39. P. 19–44.
6. *Jayawardena R. S., Hyde K. D., Damm U. et al.* // Mycosphere. 2016. Vol. 7(8). P. 1192–1260.

УДК 632.3.01/.08:632.92

**Ю. А. Шнейдер, Ю. Н. Приходько, Е. В. Каримова,
Т. С. Живаева, Е. Н. Лозовая**

*ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений» (ФГБУ «ВНИИКР»),
140150, Россия, Московская область, г. Раменское,
р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32,
yury.shneyder@mail.ru*

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ ВИРУСА МЕТЕЛЬЧАТОСТИ ВЕРХУШКИ КАРТОФЕЛЯ И ВИРУСА ЖЕЛТОЙ КАРЛИКОВОСТИ КАРТОФЕЛЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ключевые слова: карантин растений, ИФА, ПЦР, PMTV, PYDV.

Картофель является важной продовольственной культурой в Российской Федерации, при этом являясь одной из самых поражаемых сельскохозяйственных культур. Потери урожая картофеля от вредителей и болезней в России составляют около 50%. На картофеле зарегистрировано несколько сотен видов вредных организмов, относящихся к различным таксономическим группам. Одной из причин снижения качества семенного картофеля являются вирусные болезни. Для оценки возможной зараженности и уменьшение риска ввоза зараженного материала, необходимо проводить отбор образцов в поле, а также анализировать импортный семенной картофель. При импорте картофеля существует риск распространения вирусов, отсутствующих или ограниченно распространенных на территории Российской Федерации [1, 2].

Карантинная служба ведет постоянную работу по тестированию импортного и отечественного растительного материала на наличие карантинных и регулируемых организмов, включенных в карантинные перечни Российской Федерации и ЕАЭС. Пересмотр карантинных перечней ведется постоянно и в них добавляются новые виды, в том числе вирусы. Для включения в перечень вредного организма необходимо провести анализ фитосанитарного риска, по результатам которого принимается решение о регулировании организма [1].

Вирус метельчатости верхушек картофеля (Potato mop-top virus, PMTV) является опасным патогеном, который вызывает снижение урожайности и качества клубней картофеля. Наиболее серьезный ущерб от вируса отмечен у сортов картофеля, используемых на переработку. PMTV считается одной из важных проблем, связанных со снижением качества при производстве картофеля в скандинавских странах, поскольку появление симптомов делает клубни непригодными для производства картофеля фри и чипсов. Анализ фитосанитарного риска вируса метельчатости верхушек картофеля для Российской Федерации, проведенный в 2017 г, показал соответствие данного вида критериям карантинного объекта [3].

Кроме PMTV, одним из наиболее вредоносных вирусов, поражающих картофель, является вирус желтой карликовости картофеля (Potato Yellow Dwarf Virus, PYDV), способный снижать урожай картофеля до 90%. В настоящее время вирус желтой карликовости картофеля (PYDV) входит в список А1 карантинных объектов, отсутствующих на территории ЕАЭС и ЕОКЗР [4]. По данным ЕОКЗР, PYDV распространен лишь в некоторых штатах США.

PYDV имеет широкий круг растений-хозяев. Основным растением-хозяином штамма *Sanguinolenta* PYDV является картофель (*Solanum tuberosum*). PYDV является типовым видом рода *Nucleorhabdovirus* семейства *Rhabdoviridae* [5].

По результатам разработки и совершенствования методов диагностики PMTV и PYDV были получены следующие результаты:

- Эксперименты показали, что наборы для ИФА хорошо подходят для скринингового теста растительного материала. Для тестирования образцов на PMTV можно использовать наборы ИФА фирм Neogen (Великобритания) и Bioreba (Швейцария), на PYDV - DSMZ (Германия) и Neogen (Великобритания).
- Для обнаружения и идентификации PMTV с помощью ПЦР лучше использовать специфические праймеры для PMTV – Fpr25 / Rpr24 [6] в сочетании с внутренним контролем на β -тубулин картофеля [7].
- Тестирование праймеров PYDV-1F / PYDV-1R и PYDV-2F / PYDV-2R, разработанных в Китае для обнаружения штамма *Sanguinolenta* [8], не дало положительных результатов из-за образования неспецифических продуктов ПЦР.
- Высокоспецифичные пары праймеров (PYDV (P) up / PYDV (P) low и PYDV (N) up / PYDV (N) low) к штамму *Sanguinolenta*, разработанных в ходе данного исследования, могут быть рекомендованы для лабораторного использования.

Список литературы

1. Приходько Ю. Н., Шнейдер Ю. А., Живаева Т. С. и др. // Защита и карантин растений. 2010. № 11. С. 31–38.
2. Shneyder Y., Prikhodko Y., Zhivaeva T. et al. Diagnostic of the quarantine and dangerous potato viruses in Russia // Abstract book of 19th Triennial Conference of the European Association for Potato Research. Brussels, Belgium, 2014. P. 261.
3. Karimova E., Shneyder Y., Zhivaeva T., Prikhodko Y. Potato mop-top virus as a potential quarantine organism for Russia // Abstract book of the 17-triennial meeting of the Virology Section of the European Association of Potato Research (EAPR) combined with 10-th annual meeting of PVY wide organization. Laulasmaa, Estonia, 2019. P. 33.
4. EPPO Global Database, 2020. [Электронный ресурс] URL: <https://gd.eppo.int> (дата обращения: 30.09.2020)
5. Jang C., Wang R., Wells J. et al. // Journal of General Virology. 2017. Vol. 98. P. 1526–1536.
6. Latvala-Kilby S., Aura J. M., Pupola N. et al. // Phytopathology. 2009. Vol. 99. P. 519–531.
7. Wen A., Mallik I., Alvarado V. Y. et al. // Plant Disease. 2009. Vol. 93. P. 1102–1115.
8. Lee J.-S., Cho W.-K., Lee S.-H. et al. // Plant Pathology. 2011. Vol. 27(1). P. 93–97.

УДК 632.35

А. Б. Яремко, С. И. Приходько, К. П. Корнев

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский центр карантина растений»

(ФГБУ «ВНИИКР»),

140150, Россия, г. Москва, р.п. Быково, ул. Пограничная, 32,

an_ya94@mail.ru

**ИСПЫТАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ НА ОСНОВЕ ПЦР ДЛЯ
ИДЕНТИФИКАЦИИ БАКТЕРИАЛЬНОЙ ПЯТНИСТОСТИ ЦВЕТНОЙ КАПУСТЫ
PSEUDOMONAS SYRINGAE PV. *MACULICOLA* (MCCULLOCH) YOUNG ET AL.**

Ключевые слова: бактериальная пятнистость цветной капусты, *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola*, лабораторное исследование, ПЦР, оптимизация.

В условиях развития рыночных отношений между странами, в мире огромное значение приобретает соответствие мест производства растительной продукции фитосанитарным требованиям страны-импортера. Так *Pseudomonas syringae* pv. *maculicola* имеет карантинное значение для Китайской Народной Республики и отсутствие данной бактерии в семенах рапса должно гарантироваться Российской Федерацией при экспорте. В России и странах бывшего СССР возбудитель бактериальной пятнистости цветной капусты распространен повсеместно и охватывает все регионы возделывания Крестоцветных [1].

Бактериальная пятнистость цветной капусты поражает более 12 видов растений семейства *Brassicaceae*, из которых основными являются цветная, бело- и краснокочанная капуста [2, 3, 4].

На сегодняшний день отсутствуют тесты, позволяющие проводить выявление *P.s.* pv. *maculicola* непосредственно из растительного экстракта. В следствие чего изоляция чистой культуры на питательную среду является необходимым условием проведения лабораторных исследований семенного и растительного материала. При этом идентификация бактериальной культуры ограничивается определением вида *Pseudomonas syringae* [5].

Ввиду высокого генетического сходства между патоварами видов *P. syringae* разработка теста, позволяющего диагностировать *P.s.* pv. *maculicola* в растительном экстракте крайне затруднительна.

В ходе научно-исследовательской работы нами было проведено испытание двух тестов на основе ПЦР [6, 7], рекомендованных для идентификации *P. syringae*. Оба теста в ходе испытания показали положительную реакцию с ДНК, выделенной из чистой культуры типового штамма *P.s.* pv. *maculicola*. При оптимизации оценивали два критерия эффективности тестов: специфичность и чувствительность. По результатам оценки отмеченных критериев был выбран только один тест подходящий для идентификации чистой культуры патогена, выделенной из растительных экстрактов.

В связи с вышеизложенным необходимость в разработке тестов позволяющих достоверно выявлять и идентифицировать возбудителя бактериальной пятнистости цветной капусты *P. s.* pv. *maculicola* в растительном и семенном материале рапса по-прежнему остается актуальной.

Список литературы

1. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран. [Электронный ресурс] URL: http://www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/Brassicae/Brassicae_Pseudomonas_syringae_pv_maculicola/map/index.html (дата обращения: 03.08.2020).
2. Станчева Й. Болезни овощных культур I. Атлас болезней сельскохозяйственных культур. Москва, 2005. 181 с.
3. Centre for Agriculture and Bioscience International. [Published on-line] URL: <https://www.cabi.org> (date of access: 05.08.2020)
4. Zhao Y., Damicone J. P., Bender C. L. // Plant Disease. 2002. Vol. 86. P. 883–888.
5. Shaad N. W., Jones J. B., Chun W. Pseudomonas. Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogen Bacteria (3 edition). 2000. 373 p.
6. Kazempour M. N., Kheyrgoo M., Pedramfar H., Rahimian H. // African Journal of Biotechnology. 2009. Vol. 9(20). P. 2860–2865.
7. Guilbaud C., Morris C. E., Barakat M. et al. // FEMS Microbiology Ecology. 2016. Vol. 92. fiv146.

Секция
«Исследование устойчивости растений
к биотическим и абиотическим факторам
окружающей среды»

УДК 632.7.763.79:635.21:631.524.86

**N. V. Matsishina, P. V. Fisenko, O. A. Sobko,
D. I. Volkov, I. V. Kim, T. N. Chekushkina**

*FSBSI "Far East Federal Research Center of agrobiotechnology n.a. A.K. Chaika",
692539, Russia, Primorsky Krai, Ussuriysk,
Timiryazevsky settlement, Volozhenina str., 30,
mnathalie134@gmail.com*

**MORPHOLOGICAL ABNORMALITIES OF THE 28-PUNCTATA POTATO LADYBUG
HENOSEPILOACHNA VIGINTIOCTOMACULATA (MOTSCHULSKY, 1857) WHEN
FEEDING ON POTATO VARIETIES OF VARIOUS ORIGINS**

Keywords: teratology, anomalies, potato, phytophage, resistance, variety, Primorsky Krai.

Potato in Russia is one of the main population food products, which is cultivated all over the country. Growing it on smallholdings in monoculture conditions in the Primorsky Krai leads to mass reproduction of the main pest – the 28-punctata potato ladybug *Henosepilachna vigintioctomaculata* (Motschulsky, 1857). This work purpose was to assess the factors of traditional selection potato resistance to the pests damage, as well as to study the morphological anomalies of the 28-punctata potato ladybug as processes in the "phytophage-plant" system bioindicators.

In the experiment were used 7 varieties of traditional selection potato, on which morphological anomalies were detected in the preliminary study: Smak, Kazachok, Dachnyi, Yantar, Lilly, Queen Anne, Belmonda. The experiment used standard methods [1, 2].

The main results of the experiment are shown in Figure. It has been not detected any dependence of deformities on the variety. But when feeding on the Belmonda variety deformities were observed more often than on the others. At the same time, the frequency of individual anomalies – trematelia, elytra pupal deformity and elytra hematoma correspond to those or are higher for individuals raised on Lilly and Dachnyi varieties, respectively. In addition, there was a elytra gaping fissure of the second degree. The leading edge of the wing was bent up, and there was a limited by hematomas swelling at the top (Figure, I, II).

The right hind tarsus reduction with the femur base preservation, which was observed in all study years for feeding on the Belmonda variety ladybugs, was characterized by a shortened left hind femur and tibia (Figure, III, IV). The tibia was curved with a small bumpy formation on the side. The tarsus was of normal structure and length. The specimens received during rearing on the Queen Anna variety had a gaping fissure of the elytra of the first degree. They radiated symmetrically to the sides, and near the tops they were bent up and strongly raised (Figure, V, VI).

The platypus was asymmetrical, shorter than in normal individuals, with smoothed and strongly rounded outer corners. The exception was the "six-jointed tendrils" anomaly, which with a small occurrence frequency was observed only in the feeding on the Dachnyi variety ladybugs (Figure, X). In General, the antennae were of normal structure, but greatly reduced, and there were no segments from the seventh to the eleventh. The visible damage absence, as well as the normal structure and the antenna joints segmentation allowed to conclude that the anomaly was not traumatic. In the case of puppetry, there was a general underdevelopment of the imago (Figure, VII). Ontogenesis was not successfully completed and an individual with undeveloped wings, poorly functioning limbs and mouthparts was observed when exiting the pupa. The individual's integument

was shiny, hyperpigmented, and sparsely bristled. These imagos were unable to feed and died quickly. In imagos raised on the Belmonda variety should be noted the presence of elytrum and chest perforations (Figure, VIII, IX). The perforations did not interfere with normal life, the females were able to lay eggs, however, oviposition was not abundant and egg viability was reduced. Of note is a unique anomaly noted in a single individual received during upbringing on the Dachnyi variety. Deformations of the wings were observed with external asymmetry of the elytrum, as well as a violation of the ovipositor development. In the 28-punctata potato ladybug, it is normally a hollow tube, but in this female the tube was expanded and enlarged to the lower wing edge.

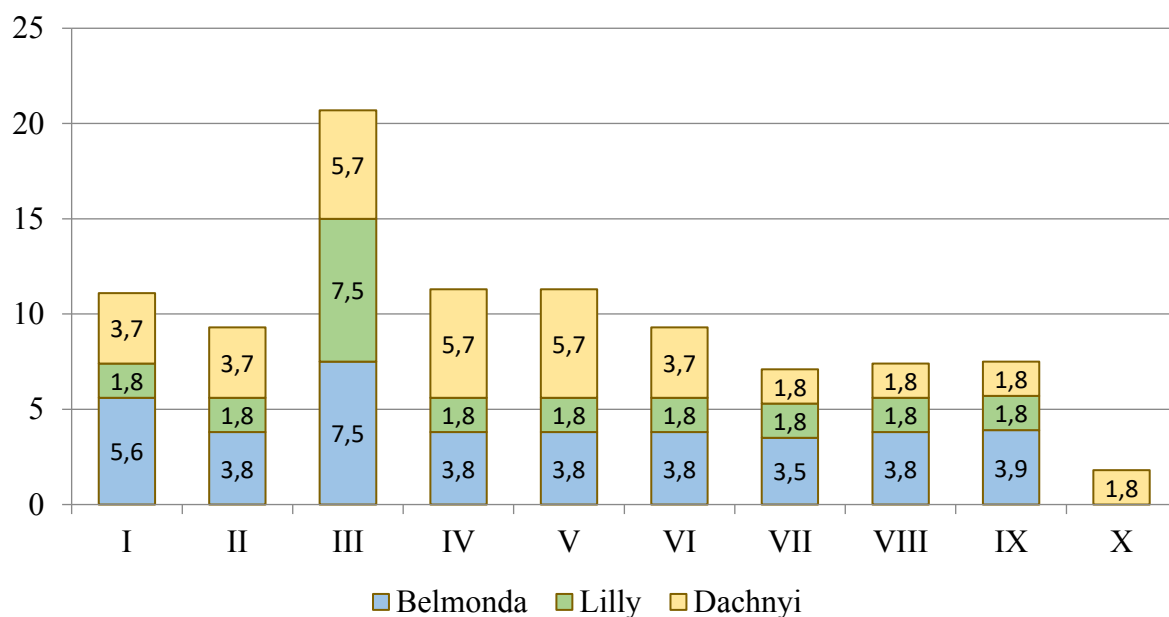


Figure. Distribution of morphological anomalies by potato varieties

References

1. Shapiro I. D., Frolov A. N., Ostroukhov M. A. et al. Methodological recommendations for assessing of potatoes and corn resistance to major pests and diseases. L., 1980. 75 p. [in Russian]
2. Prisniy Yu. A. // Belgorod State University Scientific Bulletin Natural Sciences. 2009. № 11(66). P. 72–81. [in Russian]

УДК 581.1:632.937

L. G. Yarullina¹, V. O. Tsvetkov², A. V. Sorokan¹,
G. F. Burkhanova¹, A. N. Grits³, J. N. Kalatskaya³

¹Institute of Biochemistry and Genetics,
450054, Russia, Ufa, pr. Oktyabrya, 71,
yarullina@bk.ru,

²Bashkir State University,
450076, Russia, Ufa, ul. Zaki Validi, 32

³Institute of Experimental Botany named after V.F. Kuprevich,
220072, Republic of Belarus, Minsk, ul. Akademicheskaya, 27

INFLUENCE OF STRESS PHYTOGHORMONES ON THE STABILITY OF CALLUS AND POTATO TUBER TO THE PATTERN OF PHYTOPHTOROSIS

Keywords: *Solanum tuberosum*, *Phytophthora infestans*, stress phytohormones, hydrolase inhibitors, gene expression.

An environmentally friendly way to increase the resistance of plants to pathogens is the use of biological products. It is known that signaling system mediators – stress phytohormones salicylic (SA) and jasmonic (JA) positively affect the resistance of plants to pathogens and contribute to their productivity, these compounds are widely used in agricultural practice [1]. At the same time, the mechanisms of the formation of protective response under the influence of SA and JA in various pathosystems depend on the characteristics of both partners. Such studies are topical for the potato and the causative agent of late blight, given the widespread occurrence of this disease in Russia.

We studied the effect of salicylic and jasmonic acids on the resistance of calluses and potato tubers to late blight pathogen – oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary and the pathogen's ability to synthesize and secrete of proteolytic enzymes that cause it properties.

Observations of the growth of the causative agent of late blight on calluses of the potato of the susceptible cultivar Lugovskoy revealed that 24 hours after inoculation, the *P. infestans* hyphae were thin, branching strands, moderately dyed with methylene blue. Some hyphae were thickened and intensely colored (Fig. 1a).

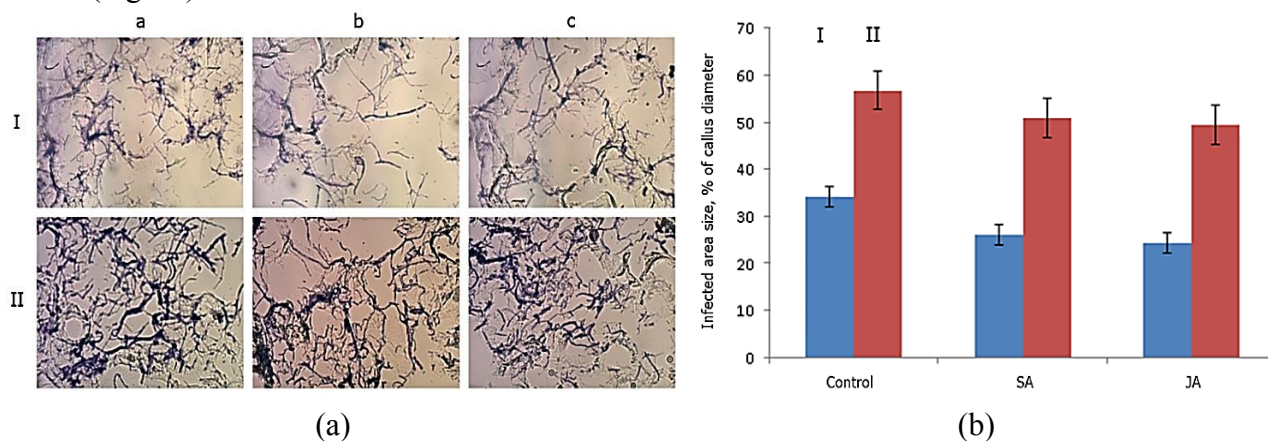


Figure 1. The influence of SA and JA on the growth of *P. infestans* (a) and the size of infected area (b) in calluses of potato of Lugovskoy cultivar.

I – 24 h, II – 48 h after infection; a – the control (MS medium); b – MS + SA; c – MS + JA.

Magnification of the eyepiece 10x, lens 10x

In the aforementioned period of the experiment, the depth of penetration of the fungus into calli was about one third of their diameter (Fig. 1b). After 48 hours, the depth of penetration of the fungus into calli was already half of their diameter. Pathogen hyphae grew abundantly on callus tissue, while most of them were thickened and intensely stained in comparison with the previous fixation period (Fig. 1a).

The cultivation of calli on media containing SA and JA at 24 h after inoculation inhibited growth of fungi. The introduction of SA and JA into the callus cultivation medium inhibited the growth of *P. infestans*. Microscopic observations showed that infection of potato tubers with late blight pathogen led to the appearance of necrotic cells that died as a result of infection in the tubers (Fig. 2).

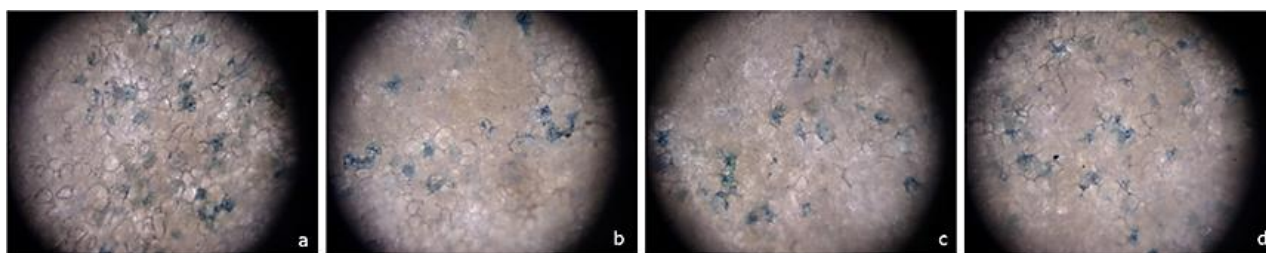


Figure 2. The development of a necrotic reaction on potato tubers of non-resistant Lugovskoy cultivar (a, c, d) and resistant Nevskiy cultivar (b) processed with SA (c) and JA (d) at 48 h after inoculation. Magnification of the eyepiece 10x, lens 10x

One of the main defense mechanisms of plants on the hydrolytic attack of pathogens, especially microbial proteases, is the synthesis of their inhibitors in tissues [2, 3]. The studies have shown that the level of transcriptional activity of the serine protease inhibitor gene significantly increased compared to the control at 48 hours after infection, especially under the influence of JA.

P. infestans proteases were isolated by liquid chromatography on an immobilized gelatin column, the specific proteolytic activity of which, after purification, increased by 250 times.

The highest activity of the proteases was manifested at 50°C. In terms of temperature optimum, *P. infestans* proteases are similar to a number of bacterial, plant, and animal proteases [4].

Proteases of *P. infestans* were active in a wide range of pH values. The maximum activity was observed at neutral pH. In addition, the activity of enzymes increased at a slightly alkaline pH. Apparently, this is due to the presence of isoforms with different pH optimums in *P. infestans* mycelium. The wide range of activity indicates a high adaptive plasticity of the pathogen.

Thus, studies indicate that SA and JA have an impact on the morphology and penetrating ability of *P. infestans*, and increase potato resistance to late blight. The data obtained can be used to develop biological products for plant protection in combination with stress phytohormones.

The work was partially carried out on the topic of state assignment, No. registration AAAA-A16-116020350027-7, and with the financial support of the RFBR and BRFR in the framework of the scientific project No. 20-516-00005.

References

1. Hukkanen A. T., Kokko H. I., Buchala A. J. et al. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007. Vol. 55. P. 1862–1870.
2. Mosolov V. V., Valueva T. A. // Applied Biochemistry and Microbiology. 2005. Vol. 41. P. 227–246.
3. Yarullina L. G., Kasimova R. I., Maksimov I. V. // Applied Biochemistry and Microbiology. 2016. Vol. 52. P. 541–546.
4. Bjerga G., Larsen Ø., Arsin H. // Proteins. 2018. Vol. 86. P. 965–977.

УДК 574:539.16.047

Е. В. Антонова, В. Н. Позолотина*Институт экологии растений и животных УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202,
selen@ipae.uran.ru*

ВЛИЯНИЕ ХРОНИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОПУЛЯЦИИ ПУСТЫРНИКА ПЯТИЛОПАСТНОГО

Ключевые слова: Восточно-Уральский радиоактивный след, малые дозы радиации, метеоусловия, *Leonurus quinquelobatus*, качество семенного потомства.

Экологические системы существуют в изменчивых погодных условиях. Антропогенная нагрузка создает повышенное напряжение в системе и порождает разнообразные ответы организмов на сочетанное внешнее воздействие [1–4]. Поскольку популяции являются элементарными единицами микроэволюции [5], защита окружающей среды от действия радиации должна быть ориентирована на надорганизменный уровень [6].

В период с 2006–2018 гг. исследована динамика качества семенного потомства пустырника пятилопастного (*Leonurus quinquelobatus* Gilib.), более 60 лет произрастающего в условиях хронического облучения [7] в зоне Восточно-Уральского радиоактивного следа (ВУРС). Погодные условия оценивали ежемесячно по температурным характеристикам, осадкам и индексу аридности (I_A). Семена пустырника проращивали в физиологически благоприятный период, оценивая жизнеспособность, радиочувствительность и мутабельность семенного потомства [8].

Мощность поглощенной дозы материнских растений в зоне ВУРСа [9] варьировала от 0,22 до 70 мкГр/ч. Эти значения превышают фоновый уровень в Уральском регионе (~0,1 мкГр/ч) на 1–2 порядка [8]. Не обнаружено однозначной зависимости между дозой нагрузки материнских растений и качеством их потомства. Однако в большинстве случаев показатели жизнеспособности семенного потомства пустырника из зоны ВУРСа были ниже, чем в фоновых популяциях, а погодные условия оказывали на них существенное влияние. Это подтверждено большим количеством значимых коэффициентов корреляции между погодными условиями и физиологическим откликом в импактных выборках, а также при сравнении коэффициентов линейной регрессии (b_0 и b_1). Так, по индексу аридности за апрель (I_{A4}), оказывающего значимое влияние на качество семян пустырника в обеих зонах, показано почти пятикратное превышение коэффициента b_1 для хронически облучаемых выборок, следовательно, эффект влияния данного фактора для зоны ВУРСа был сильнее.

Выживаемость проростков на стадии листообразования и длина корней объективно характеризовали ответ растений на предпосевное гамма-облучение семян пустырника. Для фоновых и импактных выборок обнаружено 4 общих факторов ($T_{cp.1}$, ΣP_{11} , $\Sigma T_{эф.6}$, I_{A4}), значимо влияющих на радиоустойчивость семян пустырника. Значения коэффициента b_0 для импактных выборок были в 1,9–3,4, а b_1 в 0,8–3,8 раза выше, чем на фоновых площадках, что свидетельствует о большем влиянии погодных факторов на радиоустойчивость импактных семян. Для большинства взаимодействий «погода – физиологический отклик на облучение» в фоновых выборках зависимости были положительными, а в импактных – отрицательными.

В фоновых выборках разнообразие аномалий у проростков было почти в 2 раза меньше, чем в импактных, и все они положительно связаны с количеством осадков. Всего для фоновых и импактных выборок обнаружено 5 общих метеорологических факторов (ΣP_3 , IA_4 , IA_7 , ΣP_{11} , $\Sigma P_{эф.9-8}/\Sigma T_{эф.4-8}$), значимо влияющих на мутабельность пустырника. При этом только индекс IA_4 действовал положительно на формирование аномалий в развитии у проростков в обеих зонах. Другие указанные выше погодные условия в фоновых популяциях давали положительные эффекты, а в импактных – отрицательные. Так, значение коэффициента b_0 для схожих, но не идентичных факторов ($\Sigma P_{эф.10-7}/\Sigma T_{эф.6-7}$; $\Sigma P_{эф.10-6}/\Sigma T_{эф.5-8}$) в импактных выборках был равен 3,4, что было численно сопоставимо с b_0 в фоновых (-3,3). В то же время b_1 импактных выборок (-43,3) превышал коэффициент фоновых популяций в 3,6 раза, что свидетельствует о силе влияния данных метеофакторов и противоположной направленности их действия в условиях техногенной нагрузки [8].

Таким образом, семенное потомство пустырника с высокой жизнеспособностью и низкой долей аномалий в развитии формируется при дефиците осадков и повышенной температуре в начале вегетационного сезона независимо от уровня дозовых нагрузок материнских растений. Физиологический отклик на такие же метеоусловия, оцененный по радиоустойчивости семян, в фоновых выборках был позитивный, а в импактных – негативный. Зависимости между ΣP_{11} и качеством семян в фоновых выборках были положительные, а в импактных – отрицательные. Эффект влияния погодных условий на качество семян пустырника из зоны ВУРСа проявлялся, как правило, сильнее, чем за его пределами.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН (АААА-А19-119032090023-0).

Список литературы

1. Sparrow A. H., Schwemmer S. S., Bottino P. J. // Radiation Botany. 1971. Vol. 11 (2). P. 85–118.
2. Petin V. G., Zhurakovskaya G. P., Komarova L. N., Ryabova S. V. // Russian Journal of Ecology. 1998. Vol. 29(5). P. 338–343.
3. Pozolotina V. N., Antonova E. V. // International Journal of Radiation Biology. 2017. Vol. 93(3). P. 330–339.
4. Geras'kin S., Vasiliyev D., Makarenko E. et al. // Environmental Science and Pollution Research. 2017. Vol. 24(12). P. 11240–11253.
5. Тимофеев-Ресовский Н. В., Яблоков А. В., Глотов Н. В. Очерк учения о популяции Москва: Наука, 1973. 278 с.
6. Bréchignac F. // International Journal of Radiation Biology. P. 1–9.
7. Molchanova I., Mikhailovskaya L., Antonov K. et al. // Journal of Environmental Radioactivity. 2014. Vol. 138(6). P. 238–248.
8. Antonova E. V., Pozolotina V. N. // Russian Journal of Ecology. 2020. Vol. 51 (5). P. 417–429.
9. Karimullina E. M., Mikhailovskaya L. N., Pozolotina V. N., Antonova E. V. // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25(14). P. 13975–13987.

УДК 581.1

А. К. Арисова, О. З. Еремченко

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614000, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
nast483@bk.ru

РАЗДЕЛЬНОЕ И КОМБИНИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ NaCl-ЗАСОЛЕНИЯ И ЩЕЛОЧНОСТИ КОРНЕВОЙ СРЕДЫ НА ПЕРОКСИДАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ *TRITICUM AESTIVUM* L.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., солевой и щелочной стресс, активность пероксидаз.

Засоление корневой среды часто сопровождается ощелачиванием; в сильнощелочной среде разрушаются структуры клеточных мембран корней растений, что вызывает беспорядочное поглощение ионов и нарушает внутриклеточный ионный баланс [1, 2]. Исследователями отмечается, что как щелочной стресс растений, так и совместное влияние засоления и щелочности изучены недостаточно [3].

Цель наших исследований – определить отдельное и комбинированное воздействие NaCl-засоления (30, 70, 110, 150 мМ) и щелочности (7, 8, 9, 10 pH) корневой среды на пероксидазную активность пшеницы.

Установлено, что пероксидазная активность пшеницы в условиях стресса сильно колебалась. В факторной нагрузке общей дисперсии активности пероксидаз воздействие NaCl-засоления усиливалось в течение суток с 22% до 30% (рисунок). Более слабым по сравнению с засолением было влияние щелочности. В течение периода наблюдений оказалось устойчивым значение взаимодействия NaCl-засоления и щелочности в дисперсии показателя активности пероксидаз – 31–32%. Изменение пероксидазной активности в листьях пшеницы стало, по-видимому, ответной реакцией растений на избыток активных форм кислорода. В листьях кукурузы под воздействием щелочных солей в течение 25-ти дней также наблюдали усиление активности ферментов антиоксидантной защиты, в том числе, пероксидаз [3].

Механизмы pH-регуляции цитозоля и транспорт ионов через мембраны тесно взаимосвязаны [4, 5]. Вероятно, по этой причине в нашем эксперименте треть нагрузки на дисперсию показателя пероксидазной активности оказало взаимодействие исследуемых факторов (NaCl-засоление и щелочности).

В первые сутки взаимодействие NaCl-засоления и щелочности составило 5% факторной структуры общей дисперсии показателя высоты, а содержание NaCl – 5% структуры дисперсии показателя массы. Затем еще через сутки после стресс-воздействия суммарная доля вклада засоления и щелочности возросла до 12% и 16% соответственно.

В целом результаты двухфакторного эксперимента с отдельным и комбинированным действием NaCl-засоления и щелочности корневой среды показали, что в начальной стадии стресса на активность пероксидаз в большей степени влияет засоление, чем щелочность корневой среды. Определенную часть общего влияния на изменчивость активности ферментов, а также на показатели роста и развития оказало взаимодействие исследуемых факторов корневой среды.

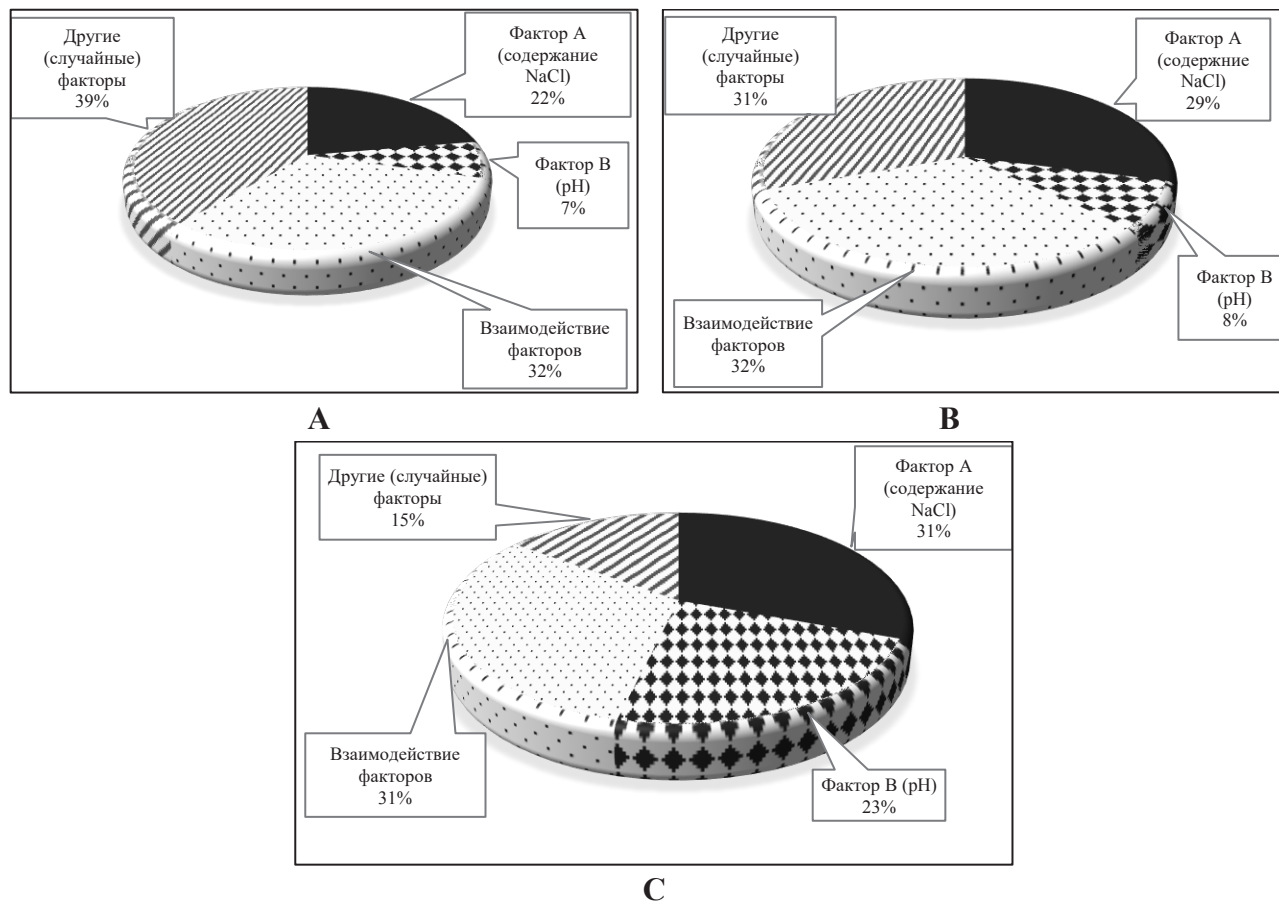


Рисунок. Факторная структура общей дисперсии признака пероксидазной активности в листьях пшеницы: А – через 1 ч, В – через 4 ч, С – через 24 ч после стрессового воздействия

Список литературы

1. Yang C., Xu H. H., Wang L. et al. // *Photosynthetica*. 2009. Vol. 47(1). P. 79–86.
2. Guo R., Yang Z., Li F. et al. // *BMC Plant Biology*. 2015. Vol. 15. 170.
3. Latef A. A., Tran L. S. // *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. 243.
4. Warncke J., Slayman C. L. // *Biochimica et Biophysica Acta*. 1980. Vol. 591. P. 224–233.
5. Reid R. J., Smith F. A. The cytoplasmic pH stat. In *Handbook of plant growth: pH as the master variable*. New York, 2002. P. 47–67.

УДК 581.5

Е. П. Артемьева¹, П. А. Беляева²

¹Кафедра «Естественнонаучные дисциплины»,
Уральский государственный университет путей сообщения,
620034, Россия, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 6б,
E.Artemeva@usurt.ru,

²Ботанический сад, Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620000, Россия, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51

МОРФОМЕТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТЕНИЙ АМАРАНТА ХВОСТАТОГО В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА

Ключевые слова: амарант хвостатый, морфометрия, адаптация, рост и развитие.

Амаранты выращиваются и всесторонне изучаются в ботаническом саду Уральского федерального университета на протяжении последних тридцати лет. Интерес к интродукции видов амаранта в разных климатических условиях вызван тем, что семена и надземная масса этих однолетних растений содержат большое количество белка, сбалансированного по аминокислотному составу [1]. Умеренно континентальный климат Среднего Урала отличается от тропического и субтропического климата традиционных мест произрастания данного С₄-растения. Известно, что разные виды амаранта хорошо адаптируются к засухе [2, 3] и являются короткодневными растениями [4, 5]. В то время как, условия Среднего Урала характеризуются относительно коротким вегетационным периодом (86–96 дней), заморозками на почве в начале лета и осени, вероятностью летней почвенной засухи или переизбытка влаги, длинным световым днем.

Из большой коллекции видов и сортов амаранта для изучения был выбран сорт амаранта хвостатого *Amaranthus caudatus* L. cv. *Edulis*, семена которого были получены из Германии по линии международного обмена семенами между ботаническими садами. Для морфометрического описания сорта в конце вегетационного сезона 2019 г. у тридцати растений были измерены высота стебля, длина и диаметр каждого междоузлия, у каждого листа – длина, ширина, площадь листовой пластинки, длина черешка. Площадь листьев определяли с помощью обработки цифрового изображения в программе ImageJ. Кроме того, были измерены сырая и сухая масса надземной части и отдельных органов.

Фенологические наблюдения, проводимые нами ранее [6], показали, что основными лимитирующими факторами при развитии амаранта хвостатого в умеренно континентальном климате являются низкие летние температуры, избыточное увлажнение и короткое метеорологическое лето. Оптимальными для созревания семян амарантов считаются жаркие засушливые годы со значением гидротермического коэффициент *ГТК* менее 1. В эти годы генеративные органы (соцветия) были длиннее, а высота растений и надземная масса меньше, по сравнению с влажными годами. В вегетационный период 2019 г. при сумме осадков 266 мм и сумме активных температур 1569°C значение *ГТК* составило 1,7. За счет избыточного увлажнения и низкой суммы активных температур наступление фенологических фаз у растений *A. caudatus* L. cv. *Edulis* происходило в более поздние сроки и семена не дозревали.

При интродукции в умеренно континентальном климате высота отдельного растения сорта *A. caudatus* L. cv. *Edulis* составила в среднем 174 см, диаметр стебля – около 1,5 см у основания. Коэффициент вариации признака высота растения равен 4,6%. В среднем на одном растении было 27 листьев, и общая листовая поверхность равнялась 1969 см². Средняя площадь листовой пластинки составила 73 см². Листья с наибольшей площадью располагались обычно на 12–14 междоузлиях.

К концу вегетационного периода средние значения сырой и сухой надземной массы отдельного растения составили 299 и 43 г, соответственно. В интродукционных исследованиях важное значение приобретает распределение сухой массы по отдельным органам растения. У изученного амаранта доля стеблей в общей сухой массе надземной части растения составила $63 \pm 1\%$, листьев – $20 \pm 2\%$, соцветия – $17 \pm 3\%$. Высокая доля стеблей позволяет снизить затраты на построение биомассы целого растения. Обнаружена положительная корреляция между площадью листьев и сухой надземной биомассой ($r = 0,96, p < 0,05$). Растения в среднем содержали $85,4 \pm 0,7\%$ воды. Большая часть воды запасалась в стеблях ($70 \pm 2\%$ от общего содержания воды), по сравнению с листьями ($16 \pm 1\%$) и соцветием ($14 \pm 3\%$).

Получена функциональная зависимость площади листовой пластинки (S) от длины черешка (L):

$$S = (1,8 \pm 0,1) \cdot L^{1,664 \pm 0,014}.$$

Таким образом, в ходе наших исследований установлены морфометрические характеристики растения *A. caudatus* L. cv. *Edulis* при интродукции в умеренно континентальном климате.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № FEUZ-2020-0057.

Список литературы

1. Saunders R. M., Becker R. // *Advances in Cereal Science and Technology*. 1984. Vol. 6. P. 357–403.
2. Ahrar A., Paknejad F., Tabatabaei S. A. et al. // *Italian Journal of Agrometeorology*. 2020. Vol. 3. P. 31–40.
3. Valdayskikh V. V., Voronin P. Yu., Artemyeva E. P., Rymar V. P. // *AIP Conference Proceedings*. 2019. Vol. 2063. 030023.
4. Andini R., Sulaiman M. I., Moulana R. et al. // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 425. 012005.
5. Lanta V., Havránek P., Ondřej V. // *Plant, Soil and Environment*. 2003. Vol. 49. P. 364–369.
6. Artemyeva E. P., Valdayskikh V. V., Radchenko T. A., Belyaeva P. A. // *AIP Conference Proceedings*. 2019. Vol. 2063. 030002.

УДК 582.632.2:634.04

Л. Р. Богоутдинова¹, Л. Н. Коновалова^{1,2}, Е. Н. Баранова^{1,2}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт
сельскохозяйственной биотехнологии,
127550, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 42,
bogoutdinova_lr@rambler.ru,

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Главный ботанический
сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук,
127276, Россия, г. Москва, ул. Ботаническая, 4,
greenpro2007@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ НА ПРОХОЖДЕНИЕ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ *CAMERARIA OHRIDELLA* DESCHKA & DIMIĆ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.

Ключевые слова: каштан конский обыкновенный, охридский минер.

Каштан конский обыкновенный *Aesculus hippocastanum* неустойчив к каштановому минеру *Cameraria ohridella* Deschka & Dimić и массово повреждается вредителем, в результате чего теряет естественную сезонную декоративность. Тем не менее, степень поражения минером зависит в том числе и от погодных условий [1].

В ходе работы было изучено количество гусениц и куколок минера на листьях каштана конского, произрастающего в различающихся световых условиях. Так, количество гусениц и куколок на листьях каштана, произрастающего на свету, было одинаковым. Однако, на листьях каштана, растущего в тени, обнаружено большее число гусениц по сравнению с куколками (рис. 1). Это может быть связано с погодными условиями и листопадом.

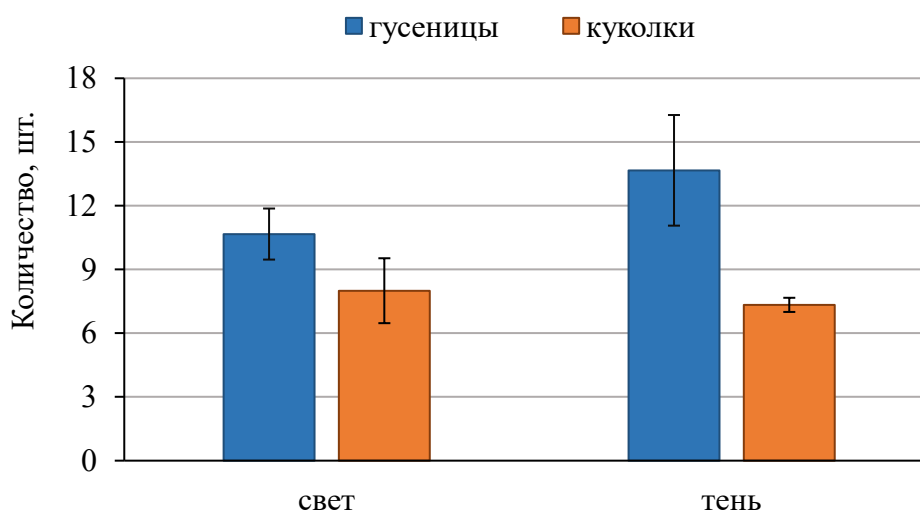


Рисунок 1. Среднее количество гусениц и куколок каштанового минера на листьях каштана конского в различных световых условиях

Собранные гусеницы различались между собой по возрасту на одном и том же растении. В дальнейшем было проведено сравнение числа гусениц на поздней стадии

развития, собранных с растений, произрастающих в различающихся световых условиях. Так, показано, что количество гусениц, находящихся на поздней стадии развития, было больше на листьях каштана, находящегося в условиях затенения (в 1,6 раз) (рис. 2).

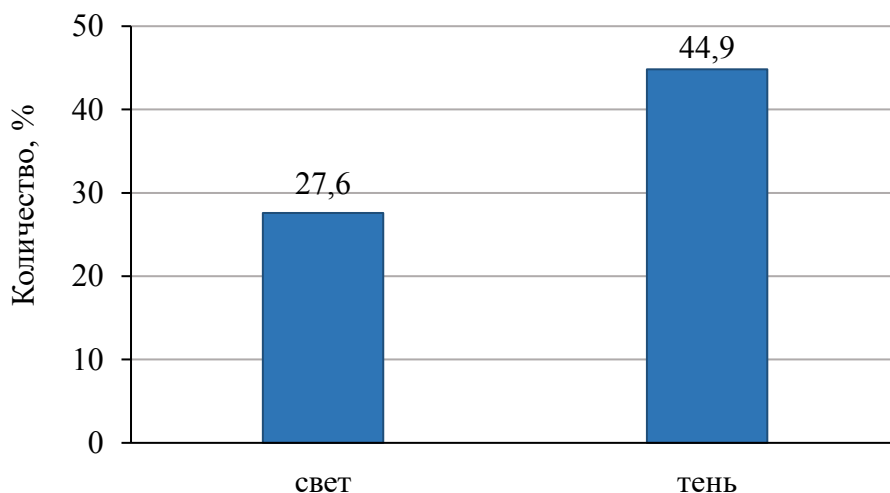


Рисунок 2. Количество гусениц каштанового минёра на поздней стадии развития на листьях каштана конского

Таким образом, большое количество некуклившихся гусениц старших возрастов, кормящихся на растениях, произрастающих в затенённых условиях, может быть обусловлено отличием светового режима.

Настоящее исследование было поддержано заданиями 0574-2019-002 и 18-118021490111-5 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Список литературы

1. *Deschka J., Dimic N. // Acta Entomologica Jugoslavica. 1986. Vol. 22(1–2). P. 11–23.*

УДК 633.111.1

Н. А. Боме, Н. Н. Колоколова, М. У. Утебаев*Тюменский государственный университет,
625003, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 6,
bomena@mail.ru***ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ОТБОР ГЕНОТИПОВ *TRITICUM AESTIVUM* L.
ПО УСТОЙЧИВОСТИ К МУЧНИСТОЙ РОСЕ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА****Ключевые слова:** флаговый лист, хлорофилл, технологические свойства.

Выращивание пшеницы (*Triticum aestivum* L.), основной продовольственной культуры в мире, ограничено климатическими изменениями, недостаточным плодородием почвы, повышенным риском эпидемических вспышек болезней. Для повышения устойчивости современных систем растениеводства, обеспечения продовольственной безопасности значительное внимание уделяется подбору сортов, максимально приспособленных к воздействию стресс-факторов. Существенный вклад в решение проблемы вносят научно-исследовательские программы, основанные на партнерстве российских и зарубежных научных и образовательных центров. Наше исследование включает анализ селекционно-ценных признаков сортов яровой мягкой пшеницы российской и казахстанской селекции и выполняется в научном партнерстве с НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева (Казахстан). Такой подход в изучении генетических ресурсов растений полезен для определения вариации морфологических, физиологических и биохимических признаков и открытия новых генотипов с повышенным потенциалом продуктивности и качества зерна.

Полевое испытание 8 сортов яровой мягкой пшеницы (Тюменская 25, Новосибирская 31, Шортандинская 2012, Шортандинская 2014, Шортандинская 95 улучшенная, Таймас, Тауелсыздык 20, Асыл-сапа) проведено на дерново-подзолистой, супесчаной по гранулометрическому составу почве (гумус – 3,7%, рН – 6,6). Удобрения и химические средства защиты от болезней не применялись, что может быть полезным для органического растениеводства. Экспериментальный полигон расположен на границе северной лесостепной и подтаежной агроэкологических зон Тюменской области (биостанция Тюменского государственного университета «Озеро Кучак»).

К существенным потерям зерна пшеницы может приводить заражение мучнистой росой (*Blumeria graminis* f.sp. *tritici*), при этом вредоносность заболевания значительно усиливается, когда поражается флаговый лист. Показано, что в формировании урожайности большое значение имеют морфологические признаки флагового листа [1]. Для понимания ответной реакции сортов яровой пшеницы на воздействие фитопатогена, в нашем исследовании было проведено сравнительное изучение растений, пораженных и непораженных (контроль) мучнистой росой. Определены линейные размеры (длина и ширина), площадь флагового листа, а также экспресс-диагностика хлорофилла с помощью оптического счетчика SPAD 502 (Minolta Camera Co, Ltd, Токио, Япония).

По показателям распространенности мучнистой росы и степени поражения растений в вегетационные сезоны 2019–2020 гг. слабой восприимчивостью к заболеванию характеризовались сорта Тюменская 25, Новосибирская 31 (Россия), Шортандинская 2014, Шортандинская 95 улучшенная и Тауелсыздык 20 (Казахстан). У остальных сортов

устойчивость средняя и слабая. Анализ усредненных данных по изученным сортам показал, что на фенотипическом уровне реакция на воздействие фитопатогенных грибов более выражена по длине флагового листа и содержанию хлорофилла в клетках (таблица).

Таблица
Морфологическая и физиологическая оценка флаговых листьев яровой мягкой пшеницы, среднее по 8 сортам

Группы растений	Длина, см	Ширина, см	Площадь, см ²	Хлорофилл, ед. spad
Без признаков поражения (контроль)	21,5±0,84	1,1±0,07	15,3±0,91	44,3±0,93
Пораженные мучнистой росой	19,5±0,85	1,1±0,04	14,9±0,94	40,8±1,28

У сорта Тюменская 25 отмечено достоверное снижение у пораженных растений длины листа, увеличение ширины, содержания хлорофилла и отсутствие различий с контролем по площади. Растения, пораженные мучнистой росой сорта Новосибирская 31, были на уровне контроля по количеству хлорофилла, но отличались более мелкими листьями. У сортов из Казахстана, со слабой восприимчивостью к болезни, не выявлено существенных отклонений по изученным признакам. Следует отметить, что степень изменчивости длины и ширины флагового листа увеличивалась у пораженных растений от слабой ($CV=8,73\%$; $CV=7,06\%$) до сильной ($CV=21,68$; $CV=22,42\%$). У сортов со слабой восприимчивостью (Новосибирская 31, Шортандинская 2014, Шортандинская 95 улучшенная) зарегистрированы высокие показатели хлорофилла в листьях непораженных растений (46,0–46,9 ед. spad), влияние мучнистой росы незначительно (43,7–44,5 ед. spad).

Мучнистая роса также может влиять на качество зерна пшеницы, в том числе на его питательность и технологию переработки; может вызывать изменения содержания белка в зерне, крахмала и соотношения амилозы к амилопектину, природы зерна и др. [2]. По нашим данным (2019 г.), содержание белка в зерне было выше у сортов, устойчивых к заболеванию, при этом максимальным показателем характеризовался сорт Шортандинская 95 улучшенная. По содержанию клейковины выделились сорта Шортандинская 2014 и Таймас (31,8 и 31,3% соответственно). Вкусовые и хлебопекарные качества зависят как от количества, так и качества клейковины. По индексу деформации клейковины (ИДК) сорта Тюменская 25, Шортандинская 2012, Шортандинская 95 улучшенная, Тауелсыздык 20 и Асыл-сапа относятся к первой группе (хорошая клейковина), остальные - ко второй (удовлетворительная). Натура зерна у сортов российской селекции достигала 826 г/л, сортов из Казахстана – 810 г/л. Стекловидность зерна варьировала по сортам от 49% (Асыл-сапа, устойчивость средняя) до 78% (Шортандинская 2014, устойчивость высокая). Содержание крахмала составило 46,23% (Шортандинская 95 улучшенная) – 57,52% (Тюменская 25).

Полученные данные позволяют предположить, что морфологический и физиологический статус флагового листа может быть использован при отборе ценных генотипов яровой мягкой пшеницы.

Список литературы

1. Liu K., Xu H., Liu G. et al. // Theoretical and Applied Genetics. 2018. Vol. 131. P. 839–849.
2. Gao H., Niu J., Li S. // American Journal of Agriculture and Forestry. 2018. Vol. 6(5). P. 141–147.

УДК 581.1

К. И. Боталова, О. З. Еремченко

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614000, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15,
botalova.ksyu@list.ru

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ И ЩЕЛОЧНОСТИ КОРНЕВОЙ СРЕДЫ НА АКТИВНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ *TRITICUM AESTIVUM* L. И *SECALE CEREALE* L.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., *Secale cereale* L., pH корневой среды, окислительный стресс, каталаза, восстановленный аскорбат.

Распространенным последствием агрогенной и техногенной деятельности человека является изменение реакции почвенной среды. Однако сведений об окислительном стрессе, вызванном кислотностью или щелочностью корневой среды явно недостаточно [1].

Цель нашей работы – установить динамику каталазной активности и содержания восстановленного аскорбата в листьях *Triticum aestivum* и *Secale cereale* при щелочном и кислотном стрессах. Отбор растительных проб провели через 0,5, 1, 2, 3, 4 и 24 ч после изменения pH корневой среды. Биологическая и аналитическая повторность определений – трехкратная. Сравнение выборок провели дисперсионным методом; значимыми считали различия между сравниваемыми средними величинами с доверительной вероятностью 95% и выше ($P < 0.05$).

После воздействия кислым раствором в листьях пшеницы отмечена повышенная активность каталазы (рис. 1А). В течение первого часа после ощелачивания корневой среды также наблюдалось резкое повышение активности фермента в растениях.

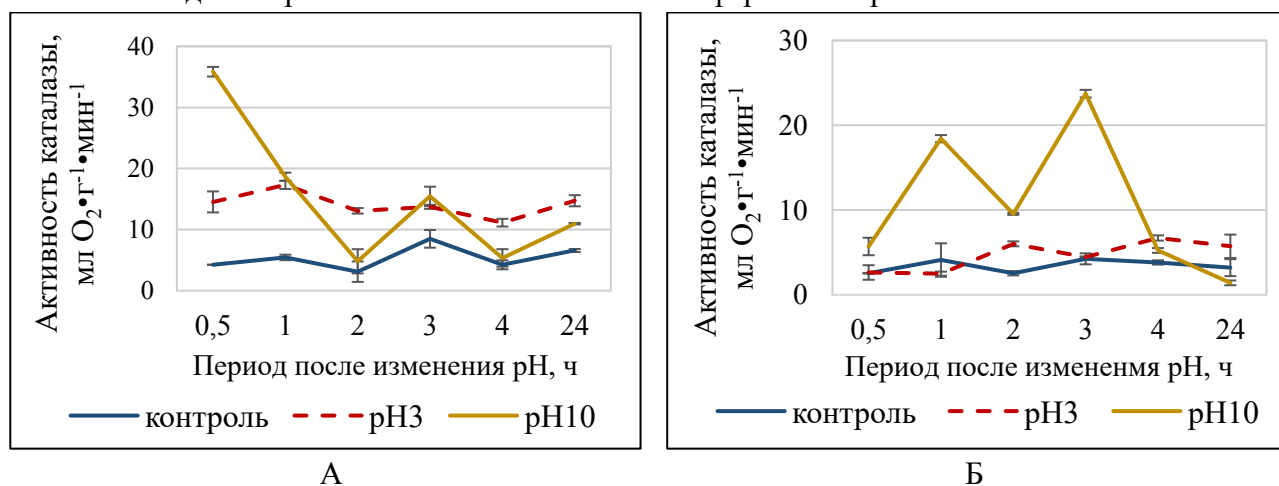


Рисунок 1. Динамика каталазной активности в листьях пшеницы (А) и ржи (Б) при изменении реакции корневой среды, мл O₂ · г⁻¹ · мин⁻¹

В листьях ржи в условиях кислотного стресса активность каталазы была повышенной в первые часы (2 и 4 ч) (рис. 1Б). При щелочном стрессе активность каталазы в листьях ржи колебалась; в первые сроки наблюдений (0,5–4 ч) она была значительно выше контрольных значений. Ранее нами в ходе такого же эксперимента в листьях злаков установлено повышение

активности пероксидаз [2]. В. Borhannuddin и др. [1] отмечали повышенную активность ферментов антиоксидантной защиты в пшенице на третьи сутки после изменения pH корневой среды. Стресс, вызванный воздействием щелочных солей, сопровождался усилением активности каталазы и пероксидаз в листьях кукурузы [3].

У растений аскорбат является самым распространенным низкомолекулярным антиоксидантом и компонентом редокс-буферной системы [4]. В листьях пшеницы при кислотном и щелочном стрессах в несколько раз возросло содержание восстановленного аскорбата, по сравнению с растениями в контрольном варианте (рис. 2А). В листьях ржи значительная концентрация аскорбата отмечена в первые 1–2 ч при щелочном стрессе; при кислотном стрессе повышенное содержание восстановленного аскорбата прослежено в отдельные сроки (рис. 2Б).

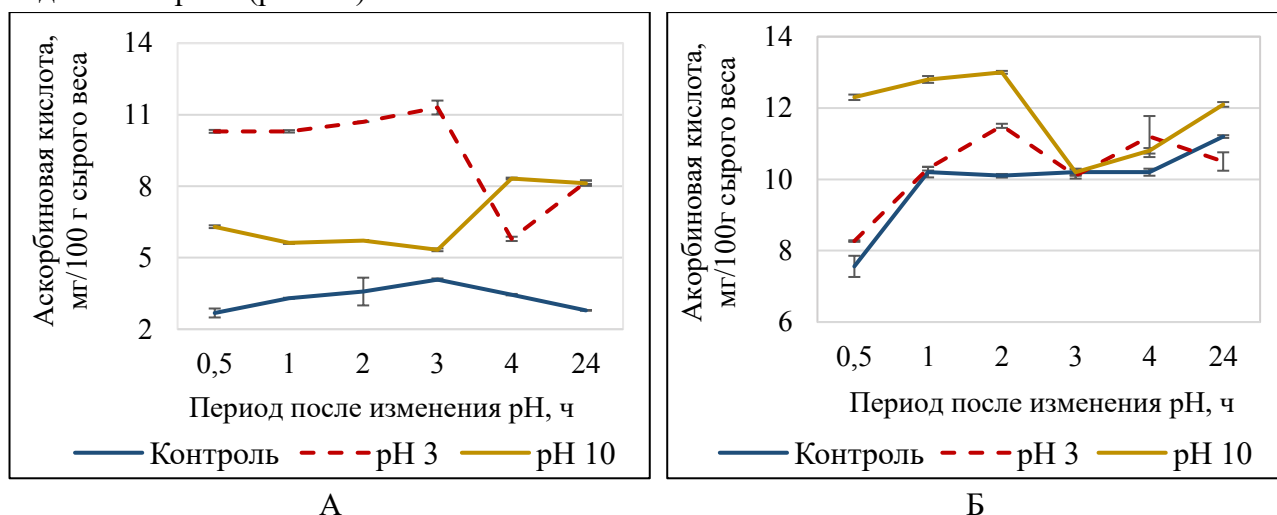


Рисунок 2. Динамика содержания восстановленного аскорбата в листьях пшеницы (А) и ржи (Б) при изменении реакции корневой среды, мг/100 г сырой массы

В совокупности полученные данные свидетельствуют о том, что при подщелачивании и подкислении корневой среды у растений ржи и пшеницы развивался окислительный стресс; адаптивная ответная реакция проявилась в повышении активности ферментативных и низкомолекулярных компонентов антиоксидантной защиты.

Список литературы

1. Borhannuddin B., Mirza H., Jubayer A. M. et al. // Plants. 2019. Vol. 8(1). 24.
2. Chetina O. A., Botalova K. I., Kaigorodov R. V. // Russian Journal of Plant Physiology. 2020. Vol. 67(2). P. 334–343.
3. Latef A. A., Tran L. S. // Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. 7. 243.
4. Колупаев Ю. Е., Карпец Ю. В. Активные формы кислорода, антиоксиданты и устойчивость растений к действию стрессоров. Киев: Логос, 2019. 277 с.

УДК 630.181:631.4

В. В. Валдайских, Р. В. Михалищев, О. В. Дунаева, А. Ю. Попов

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28,
v_vald@mail.ru*

ОСОБЕННОСТИ ГОДОВОГО ПРИРОСТА НЕКОТОРЫХ ВИДОВ PINACEAE В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ, ЭДАФИЧЕСКИХ И ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Ключевые слова: Pinaceae, побег, годичный прирост, дренируемость почв.

При выращивании растений, в особенности голосеменных, и использовании их в ландшафтном дизайне, важную роль играет архитектура кроны. Поэтому при выборе места посадки важно учитывать почвенные, климатические и другие факторы, влияющие на рост и развитие кроны. Среди факторов, влияющих на величину годичного прироста отмечаются освещенность, температурные показатели, условия увлажнения, в том числе – в предшествующий вегетационный период [1, 2].

В ботаническом саду в 2016, 2019 и 2020 годах изучали прирост боковых побегов четырех видов семейства Pinaceae Lindl: *Larix sibirica* Ledeb., *Picea pungens* Engelm., *Picea obovata* Ledeb. и *Pinus mugo* Turra. Растения этих видов на территории ботанического сада высажены на почвах, различающихся по гидрологическому режиму: первая группа растений произрастает на автоморфных хорошо дренируемых дерново-подзолистых почвах, формирующихся на элювии гранитов, другая – на менее дренируемых полугидроморфных болотно-подзолистых почвах. Все образцы видов, кроме *Picea pungens*, имеют одинаковое географическое происхождение и возраст, что позволяет оценить влияние почв на прирост побегов. Кроме того, для *Larix sibirica* и *Picea obovata* в 2020 году изучены приросты в природных популяциях на автоморфных и гидроморфных почвах в условиях севера Западной Сибири (окрестности г. Лабытнанги, ЯНАО). Годовой прирост боковых побегов первого порядка измеряли по методике А. А. Молчанова и В. В. Смирнова [3] с точностью до 1 мм. Полученные данные были проанализированы и статистически обработаны. Вычисляли средние арифметические M , стандартные отклонения σ , ошибки средней арифметической m_m . Для сравнения средних применяли t -критерий Стьюдента на 0,05% уровне значимости.

Указанные годы наблюдений значительно отличаются по климатическим показателям от среднегодовых. Так, например, предшествующий 2015 год был крайне дождливый, тогда как 2016 – исключительно засушливый. Предшествующий 2018 год отличался относительно прохладным летом, а 2020 год оказался самым жарким за все время метеонаблюдений.

Изучаемые образцы лиственницы сибирской привлечены в коллекцию живыми растениями, выращенными из семян местной репродукции. Возраст растений 15–20 лет. Средняя величина годичного прироста у деревьев, растущих на автоморфных почвах в среднем за указанные годы оказалась на 22,5% выше, чем на полугидроморфных (таблица). Различия статистически значимы во все годы исследований.

Ель колючая в коллекции представлена двумя образцами разного географического происхождения. Возраст растений составляет около 15 лет. Растения на автоморфных почвах происходят из западноевропейских питомников, на полугидроморфных почвах – местной

репродукции. Средний размер годичных приростов образца из Европы на 10,5% выше, чем у растений местного происхождения, что свидетельствует о лучшем росте образцов, выращенных из семян местного происхождения, независимо от эдафических условий. Различия статистически значимы при $p < 0,05$ во все годы исследований.

Таблица

Средняя величина однолетних побегов на почвах разной дренируемости, см ($M \pm m$)

Вид, год	Автоморфные почвы			Полугидроморфные почвы		
	2016	2019	2020	2016	2019	2020
<i>Larix sibirica</i>	25,6±0,49	33,1±0,48	24,8±0,64	22,3±0,48	24,5±0,35	18,7±0,55
<i>Picea pungens</i>	не изм.	15,6±0,25	21,2±0,38	10,9±0,32	16,9±0,33	22,8±0,39
<i>Picea obovata</i>	19,3±0,64	23,8±0,46	25,0±0,29	17,5±0,82	24,1±0,51	24,9±0,42
<i>Pinus mugo</i>	15,9±0,44	19,2±0,28	24,1±0,71	14,4±0,37	17,7±0,25	23,3±0,71

Ель сибирская представлена в ботаническом саду растениями местной репродукции, возрастом около 15 лет. Различия в величине прироста в зависимости от дренируемости почв оказались статистически не значимы во все годы исследований.

Растения сосны горной выращены из семян, полученных из ботанического сада Йошкар-Олы в 2007 году. На участки из питомника растения высажены в 2012 году. Прирост побегов на автоморфных почвах оказался в среднем выше на 6,2%. Различия в величине годичного прироста у растений растущих на разных почвах статистически значимы при $p < 0,05$ в 2016 и 2019 годах.

Таким образом, предварительные данные показали, что такие виды хвойных деревьев, как *Larix sibirica* и *Pinus mugo*, в условиях Среднего Урала хуже переносят избыточное грунтовое увлажнение, тогда как для *Picea obovata* не отмечено значимых различий в длине побегов на разных типах почв по степени увлажненности. Для *Picea pungens* возможно влияние происхождения посадочного материала. Величина годичного прироста у растений севера Западной Сибири оказалась значительно меньшей, нежели на Среднем Урале. Так, величина прироста у побегов первого порядка лиственницы сибирской в 2020 году на автоморфных почвах составила лишь 9,77±0,29 см, у ели сибирской – 6,66±0,19 см. При этом величина дренируемости почв оказывает еще большее, чем в более южных регионах, влияние на их рост – это связано со значительно лучшей прогреваемостью и большим сезонным протаиванием дренируемых почв.

Работа выполнена при финансировании со стороны Министерства образования и науки РФ в рамках выполнения государственного задания УрФУ № FEUZ-2020-0057.

Список литературы

1. Лазарева С. М. // Хвойные бореальной зоны, 2014. Т. XXXII. № 5–6. С. 44–49.
2. Лазарева С. М. // Вестник поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2013. № 1(17). С. 14–24
3. Молчанов А. А., Смирнов В. В. Методика изучения прироста древесных растений. М.: Наука, 1967. 100 с.

УДК 633.854.78:631.527

**Ю. К. Гончарова^{1,3}, С. В. Гончаров²,
Е. М. Харитонов¹, О. А. Брагина¹**¹*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр риса»,**3350921, Россия, г. Краснодар, пос. Белозерный,*²*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,*³*ООО «Аратай», Участник инновационного центра Сколково, г. Москва,
yuliya_goncharova_20@mail.ru*

ЛОКУСЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ОЗЕРНЕННОСТЬ МЕТЕЛКИ У РИСА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Ключевые слова: рис, генетика, озерненность метелки, устойчивость, высокие температуры.

Существует несколько гипотез объясняющих глобальное потепление, одна из них связывает увеличение средней температуры с накоплением парниковых газов (углекислого газа, метана). Климатические модели предсказывают их дальнейшее увеличение на 4–5°C к концу нынешнего столетия [1]. Ранее на рисе и пшенице было показано, что увеличение средних температур приводит к снижению продуктивности растений по различным признакам на 20–90% и урожайности до десяти процентов при ее повышении на 1°C. Отмечено, что вследствие высоких температур и засухи в последние годы снизилась на 5–10% урожайность многих культур. Температуры более 35°C в фазы кущения и цветения риса снижают озерненность метелки отдельных сортов более чем на 90%. Уменьшается также общее количество колосков и продуктивных стеблей, масса 1000 зерен [2]. Есть сообщения о том, что причина низкой озерненности растений – нерастрескивание пыльников и стерильность пыльцы. Другая стратегия повышения устойчивости к стрессу – более раннее цветение в течении дня или сокращение периода вегетации, позволяющее закончить его до критического для оплодотворения повышения температуры [3]. На сегодняшний момент выделены ряд источников для повышения устойчивости к стрессу, среди них наиболее известны сорта риса Nagina 22, Dular, Koshihikary, Tokanary. Локусы, определяющие адаптивность к высоким температурам, выявлены на большинстве хромосом. На первой и шестой хромосомах установлено по 2 региона влияющих на формирование признака. На четвертой хромосоме, картирован локус qHTSF4.1, который увеличивает озерненность метелки при стрессе на пятнадцать процентов, аллель с положительным эффектом на признак выявлен у сорта Нагина 22. Помимо этого локуса выявлены ряд минорных QTL на других хромосомах [4–5].

В задачи исследования входило выявление локусов, определяющих озерненность метелки у отечественных сортов риса при воздействии высоких температур. Фенотипирование 23 отечественных сортов риса по признаку проводили с 2013 г. по 2016 г. Выборка 20 растений сорта на вариант опыта, образцы выращивали на вегетационной площадке и в фазу цветения заносили в камеры с низкими 25°C и высокими 35°C температурами. По результатам исследования сорта разделили на группы с различной устойчивостью к стрессу. Сорта риса были маркированы с использованием пятидесяти

молекулярных SSR маркеров, как нейтральных, так и определяющих адаптивность. Дисперсионный анализ позволил установить связь между устойчивостью к стрессу и вариабельностью сортов по отдельным SSR маркерам. Поскольку генплазма в исследовании генетически разнородна, в работе могли быть выявлены локусы с наиболее значительным вкладом в фенотип. Влияние генотипа сорта на проявление признака не учитывали. Но, даже с такими допущениями мы выделили четыре хромосомных региона, достоверно (на уровне значимости 0,05) вносящих вклад в формирование признака у отечественных сортов на первой, четвертой, пятой и двенадцатой хромосомах в районах локализации маркеров RM 600, RM 261, RM574, RM6410, соответственно (рисунок).

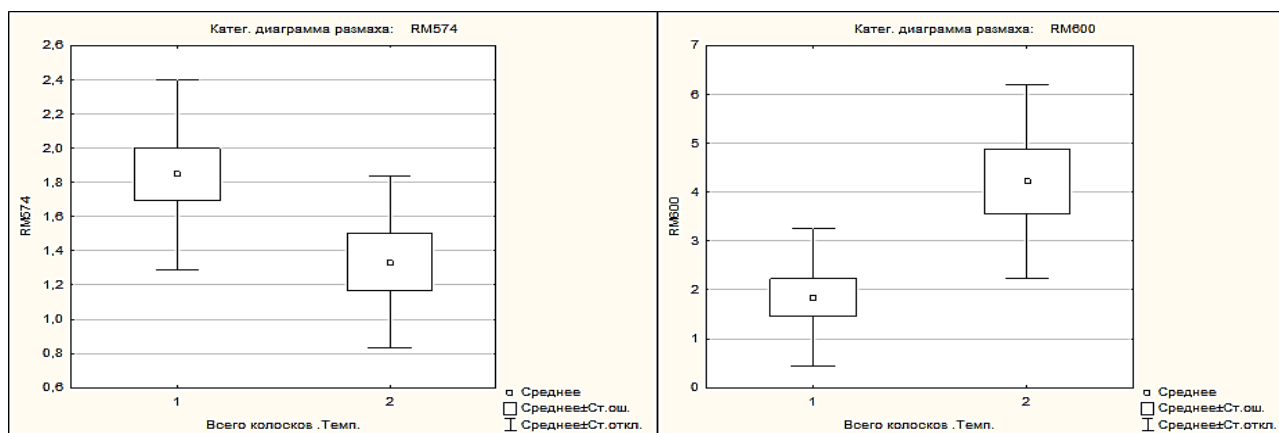


Рисунок. Разделение сортов риса на контрастные по устойчивости к стрессу группы с использованием SSR маркеров

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ № 19-16-00064.

Список литературы

1. Goncharova J. K., Kharitonov E. M. // Agricultural Research Updates. 2015. Vol. 9. P. 1–37.
2. Goncharova J. K. // Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2011. Vol. 3. P. 248–251.
3. Ye C., Tenorio F. A., Redona E. D. et al. // Theoretical and Applied Genetics. 2015. Vol. 128 (8). P. 1507.
4. Xiao Y. H., Pan Y., Luo L. H. et al. // Euphytica. 2011. Vol. 178(3). P. 331–338.
5. Ishimaru T., Hirabayashi H., Sasaki K., Ye C., Kobayashi A. // Plant Production Science. 2016. Vol. 19(1). P. 12–21.

УДК 631.57.023:581.1

**Ю. К. Гончарова^{1,2}, О. А. Брагина¹,
Ю. Ф. Якуба³**¹*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр риса», Россия, г. Краснодар,*²*ООО «Аратай», Участник инновационного центра Сколково, г. Москва,*³*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия», Россия, г. Краснодар,
yuliya_goncharova_20@mail.ru*

МЕХАНИЗМЫ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ ПО ПРИЗНАКУ

Ключевые слова: засухоустойчивость, оводненность тканей, влагоудерживающая способность.

В связи с изменением климата селекция на засухоустойчивость и устойчивость к высоким температурам становится с каждым годом все более актуальной [1, 2]. Засуха нарушает ряд физиологических и биохимических процессов, что приводит к ослаблению растений, снижению устойчивости к другим стрессовым факторам. Морфологически это проявляется в уменьшении площади листьев, высоты растений, количестве продуктивных стеблей. В то же время устойчивые к засухе растения, как правило, также более устойчивы к засолению, низким температурам, так как при всех этих стрессах отмечено обезвоживание организма [3, 4].

Для многих культур показано, что засухоустойчивость зависит от водного режима растений основной характеристикой которого является влагоудерживающая способность. У растений сформировался ряд защитно-приспособительных механизмов, предохраняющих их при воздействии стресса. Способность к удержанию воды один из них, позволяющий поддерживать стабильность цитоплазмы клеток, их коллоидность [5–7].

Оводненность тканей другой показатель характеризующий водный баланс растения. Ее определяют, срезая и взвешивая 10 флаговых листьев образца. Для насыщения их водой выдерживают в эксикаторах два часа взвешивают для определения полной обеспеченности влагой, высушивают при температуре 105°C и измеряют сухую массу, после того как образец перестал ее изменять. Оводненность выражают в процентах и определяют по разности сырой и сухой массы образца. Установлено снижение показателя в зависимости от возраста растений для многих плодовых культур и злаков.

Засухоустойчивые растения способны удерживать и более экономно расходовать воду в условиях ее дефицита. У груши опыт проводили при двухчасовом завядании. Отмечена такая же закономерность – варьирование показателя в различные месяцы. Если в июне показатель варьировал от 15 до 46%, то в июле потери воды листьями груши превышала у отдельных сортов 55%. Признак характеризует водоудерживающую способность образца.

Водоудерживающая способность растений показана на примере проростков отечественных сортов риса (рисунок).

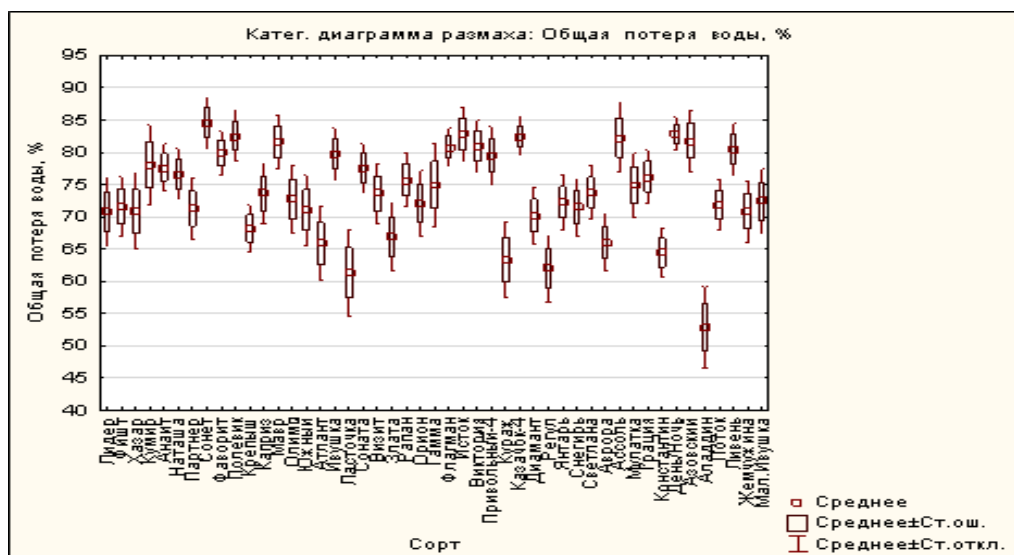


Рисунок. Процент потери воды проростками отечественных сортов риса

Оводненность проростков риса при изучении 47 образцов варьировала от 38 до 77%.

Одна из методик экспресс оценки водного режима измерение электрического сопротивления тканей листа, увеличение которого при завядании (измерения проводили через три часа после начала опыта) говорит о неустойчивости к стрессу. На основании проведенных исследований для сортов яблони разработан диагностический критерий для оценки засухоустойчивости (ДКЗ) по измерению электрического сопротивления тканей листа. Согласно разработанной шкале засухоустойчивость высокая, если ДКЗ меньше 225 кОм, средняя – если он варьирует от 225 до 250 кОм, низкая при его значениях менее 250 кОм. Большая часть тетраплоидных образцов в результате исследования отнесена к высокоустойчивым, диплоидных к менее устойчивым.

Засухоустойчивость многих видов растений определяет водный баланс тканей, характеризующийся рядом признаков: влагоудерживающая способность, оводненность тканей, содержание свободной и связанной воды. Для засухоустойчивых сортов характерно более высокое содержание связанной воды и меньшая ее потеря при стрессе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 19-16-00064.

Список литературы

1. *Aboughadareh P., Ahmadi A., Mehrabi J. // Acta Physiologiae Plantarum. 2017. P. 97–106.*
2. *Ashraf M. // Biotechnology Advances. 2010. P. 169–183.*
3. *Goncharova J. K. // Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2011. Vol. 27. P. 248–251.*
4. *Kumar A., Dixit S., Ram T. S. et al. // Journal of Experimental Botany. 2014. Vol. 65 (21). P. 6265–6278.*
5. *Goncharova J. K., Goncharov S. V., Chicharova E. E. // Russian Journal of Genetics. 2018. Vol. 7 (54). P. 796–804.*
6. *Sandhu N., Kumar A. // Agronomy Journal. 2017. P. 2–27.*
7. *Todaka D., Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. // Frontiers in Plant Science. 2015. Vol. 6. P. 84.*

УДК 581.2

Е. А. Гумерова, А. Н. Акулов, Н. И. Румянцева

Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН,
420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31,
rumyantseva@mail.ru

КРАСНЫЙ И СИНИЙ СВЕТ ПО-РАЗНОМУ ВЛИЯЮТ НА НАКОПЛЕНИЕ ФЛАВОНОЛОВ И ПРОАНТОЦИАНИДИНОВ В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК ГРЕЧИХИ ТАТАРСКОЙ

Ключевые слова: гречиха татарская, суспензионная культура, красный и синий свет, фенольные соединения, проантоцианидины.

Татарская гречиха *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn., фармацевтически важное лекарственное растение, содержащее богатый набор фенольных соединений, из которых одним из наиболее представленных является рутин, обладающий антигипергликемическими, антигипертензивными и антиоксидантными свойствами.

Цель работы заключалась в изучении влияния красного и синего света на синтез рутина и других флавоноидов в суспензионных культурах гречихи; оценке их антиоксидантной активности.

В работе использовали морфогенную суспензионную культуру (МСК) гречихи татарской *F. tataricum* линии К5. МСК поддерживали на среде RX, в темноте, как описано ранее [1]. Для светового воздействия использовали лампы красного света (интенсивность освещения – 3 Вт/м², длина волны – 620–640 нм) или синего света (интенсивность освещения – 2,3 Вт/м², длина волны – 420-460 нм). Все воздействия проводили в течение 4-х суток – с 10 по 14 дни культивирования МСК. Общее содержание ФС определяли в метанольном экстракте из тканей суспензионной культуры по методу Фолина-Чокальтеу [2]. Разделение ФС проводили с помощью хроматографической системы высокого давления Breeze (“Waters”, США) согласно условиям ранее опубликованной работы [1]. Идентификацию пиков выполняли, используя набор стандартных ФС. Содержание растворимых и нерастворимых проантоцианидинов (ПА) проводили по методу Тоге и соавт. [3] с внесенными модификациями. Антиоксидантную активность (АОА) метанольного экстракта ФС определяли спектрофотометрически [4]. Статистическую обработку данных выполняли с помощью пакета статистического анализа программы Microsoft Office Excel 2007.

Как было показано нами ранее [1], стационарная фаза развития МСК гречихи татарской, приходящаяся на 10–14-е сут культивирования, характеризуется наибольшим уровнем накопления ФС, что, вероятно, обусловлено перенаправлением субстратов, ранее необходимых для деления и роста клеток, на синтез ФС. Поэтому световое воздействие проводили в течение 4-х суток, начиная с 10-х сут пассажа. При выращивании суспензионной культуры на синем свете общее содержание ФС увеличивалось незначительно, а на красном свете оно статистически не отличалось от контроля. АОА метанольных экстрактов коррелировала с содержанием ФС в клетках суспензионных культур. Нами показано, что синий и красный свет оказывают различное действие на биосинтез ФС в суспензионной культуре *F. tataricum*. Синий свет усиливает накопление ПА (как растворимых, так и нерастворимых), но почти в 4 раза подавляет биосинтез флавонолов (кверцетина и его

гликозидов - рутина и кверцитрина). Красный свет, наоборот, подавляет накопление ПА, но увеличивает в 1,6 раза содержание рутина, но подавляет синтез нерастворимых ПА, при этом, не оказывая влияния на содержание растворимых ПА.

Известно, что длина волны света, интенсивность света, фотопериод и длительность светового воздействия оказывают влияние на биосинтез ФС [5]. Благодаря своей структуре флавонолы поглощают световые волны преимущественно в УФ – диапазоне [6]. Ранее УФ облучение было использовано как фактор, стимулирующий накопление рутина в культуре «волосатых» корней [7] и листьях [8] гречихи татарской. По данным литературы красный и синий свет по-разному влияют на синтез различных классов ФС, вероятно, потому что их воздействие осуществляется через разные фоторецепторы: систему фитохрома (красный и дальний красный свет) и через криптохром и фототропины (синий свет). Однако молекулярные механизмы регуляции биосинтеза флавоноидов светом различной длины волны малоизучены [5].

Таким образом, нами впервые показано, что в суспензионной культуре гречихи татарской *F. tataricum* красный и синий свет могут дифференцированно активировать и подавлять накопление определенных классов ФС флавонолов и проантоцианидинов. Суспензионная культура *F. tataricum* может быть удобной моделью для изучения функций ФС и регуляции их синтеза, а также альтернативным источником для биотехнологического производства рутина и других физиологически активных ФС.

Список литературы

1. Gumerova E. A., Akulov A. N., Rumyantseva N. I. // Russian Journal of Plant Physiology. 2015. Vol. 62. P. 195–203.
2. Folin O., Ciocalteu V. // Journal of Biological Chemistry. 1927. Vol. 73. P. 627–650.
3. Tohge T., Matsui K., Ohme-Takagi M. et al. // Biotechnology Letters. 2005. Vol. 27. P. 297–303.
4. Brand-Williams W., Cuvelier M. E., Berset C. // LWT. 1995. Vol. 28. P. 25–30.
5. Zoratti L., Karppinen K., Escobar A. L. et al. // Frontiers in Plant Science. 2014. Vol. 5. 534.
6. Cockell M. M., Knowland J. // Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society. 1999. Vol. 74. P. 311–345.
7. Huang X., Yao J., Zhao Y. et al. // Frontiers in Plant Science. 2016. Vol. 7. 63.
8. Suzuki T., Honda Y., Mukasa Y. // Plant Science. 2005. Vol. 168. P. 1303–1307.

УДК 58.02

Т. А. Лушникова

Курганский государственный университет,
640020, Россия, г. Курган, ул. Советская, 63,
ta-lushnikova@yandex.ru

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТРОФИЧЕСКОЙ И ГОРМОНАЛЬНОЙ СИСТЕМ РЕГУЛЯЦИИ В АДАПТАЦИИ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ К ЗАСУХЕ

Ключевые слова: пшеница, калий, кинетин, засуха.

Для многих регионов России и мира засухи стали обычным явлением. Засуха – это длительный бездождливый период, сопровождаемый снижением относительной влажности воздуха, влажности почвы и повышением температуры, когда не обеспечиваются нормальные потребности растений в воде. Наибольший вред засуха причиняет в весеннее и особенно в летнее время, когда идет формирование генеративных органов растений. Урожайность зерновых культур, пострадавших от засухи, снижается до 0,3–0,4 т/га.

Для исследования были выбраны два сорта яровой пшеницы Терция и Новосибирская 89, различающиеся по устойчивости к засухе. Сорт Новосибирская 89 создан в Сибирском НИИ растениеводства и селекции, методом гибридизации сортов Московская 21 с Саратовской 29 и двукратного индивидуально-семейственного отбора. С 1993 г. сорт районирован в Уральском, Западно-Сибирском, Восточно-Сибирском регионах. Сорт Терция выведен многократным индивидуальным отбором из гибридной популяции от ступенчатого скрещивания аналогов сорта Новосибирская 67 в Курганском НИИ сельского хозяйства совместно с Омским аграрным университетом и институтом цитологии и генетики СО РАН. С 1996 г. сорт Терция районирован в Уральском, Западно-Сибирском, Северо-Кавказском регионах. По данным сортоиспытания сорт Терция по засухоустойчивости превосходит сорт Новосибирская 89 на 2 балла.

Исследования проводились в условиях полевого опыта. Засушливый период продолжительностью 20 дней пришелся на фазы колошения и цветения. Проведенный анализ показал, что изучаемые сорта отличались по содержанию фитогормонов. Так, сорт Терция почти на всем протяжении вегетации характеризовался большим количеством ИУК, зеатина и АБК, и как следствие большим отношением $Z+ИУК/АБК$ по сравнению с сортом Новосибирская 89. Важно отметить, что пшеница этого сорта отличалась способностью стабилизировать метаболизм, в частности гормональный статус во время засушливого периода. У сорта Новосибирской 89 напротив содержание ИУК и особенно резко зеатина в 3,5 раза снизилось во время засухи. Изменения в содержании гормонов отразилось на отношении $Z+ИУК/АБК$ и как следствие на изменение темпов роста пшеницы. В период засухи относительная скорость роста растений сорта Новосибирская 89 составила 0,012 г/(растение·сут.), сорта Терция – 0,020 г/(растение·сут.).

Опрыскивание растворами хлорида калия и кинетина проводили дважды: 1) в фазу кушения (III этап органогенеза), 2) в фазу выхода в трубку (V этап органогенеза). Контрольные растения опрыскивали водой. Проведенная обработка растений пшеницы растворами хлорида калия и кинетина способствовала стабилизации гормонального статуса у пшеницы во время

засушливого периода. Содержание ростстимулирующих гормонов (зеатина и ИУК), отношение З+ИУК/АБК у растений опытных вариантов возросло. На этом фоне повысились темпы роста пшеницы. Интересно отметить, что особенно ярко влияние изучаемых регуляторов проявилось на менее засухоустойчивом сорте Новосибирская 89.

На фоне стабилизации гормонального статуса под действием калия и кинетина наблюдалось изменение анатомических показателей флаговых листьев и соломины в сторону формирования у них более ксероморфной структуры. Обработанные растения отличались увеличением числа и размеров проводящих пучков и диаметра их сосудов, числа устьиц, уменьшением размеров замыкающих клеток устьиц и клеток эпидермы. На фоне повышения содержания ИУК и АБК у обработанных хлоридом калия и кинетином растений пшеницы повысилась водоудерживающая способность, относительная тургесцентность, снизилась интенсивность транспирации, и как следствие уменьшился водный дефицит.

Под влиянием обработки хлоридом калия и кинетином повысилась продуктивность пшеницы у исследуемых сортов. Повышение продуктивности обработанной пшеницы явилось результатом увеличения как числа колосьев (продуктивная кустистость), так и числа зерен в колосе. С точки зрения увеличения зерновой продуктивности боковых побегов злаковых культур особое значение имеет тот факт, что переход апекса главного побега к генетическому морфогенезу является сигналом для перехода к вычленению зачатков колоса и на боковых побегах. При этом обработка растений цитокининами в момент перехода от II к III этапу органогенеза ослабляет доминирующее влияние апекса главного побега и способствует повышению зерновой продуктивности боковых побегов и в целом растения [1]. Под влиянием обработки изучаемыми регуляторами возросла крупность (масса) зерна, это может быть следствием усиления аттрактивной способности зерновок. Важно отметить, что в нашем исследовании наибольший эффект на изменение физиологических показателей проявился при совместном применении хлорида калия и кинетина, при этом действие этих регуляторов суммировалось, т.е. проявился аддитивный характер взаимодействия между ними.

Таким образом, полученные результаты позволяют считать, что устойчивость и адаптация растений пшеницы к неблагоприятным условиям водоснабжения обусловлена изменениями, происходящими в гормональном обмене, на фоне которых модифицируются физиологические процессы, и в конечном итоге рост и продуктивность растений пшеницы.

Список литературы

1. Куперман Ф. М. Морфофизиология растений. Москва: Высшая школа, 1984. 240 с.

УДК 581.198

А. Б. Мазина^{1,2}, Н. И. Газизова¹,
А. Г. Даминова^{1,2}, Ф. В. Минибаева^{1,2}

¹Казанский институт биохимии и биофизики – обособленное структурное подразделение
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный
исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук»
(КИББ ФИЦ КазНЦ РАН),

420111, Россия, г. Казань, ул. Лобачевского, 2/31,

²Казанский (Приволжский) федеральный университет,
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18,

abmazina@gmail.com

S-НИТРОЗИЛИРОВАНИЕ БЕЛКОВ ПРИ ИНДУЦИРОВАННОЙ АУТОФАГИИ В *TRITICUM AESTIVUM*

Ключевые слова: аутофагия, оксид азота, антимицин А, S-нитрозилирование белков, пшеница.

В жизнедеятельности эукариот большое значение имеет высококонсервативный, сложно-регулируемый катаболический процесс аутофагия. В растениях роль аутофагии показана в онто- и органогенезе [1], в процессах старения и программируемой гибели клеток [2]. В регуляцию аутофагии вовлечены активные формы азота (АФА), в том числе, оксид азота, однако информация об индукции [3] или подавлении [4] аутофагии с помощью АФА противоречива. Роль оксида азота в индукции аутофагии во многом обусловлена синергичным действием АФА и активных форм кислорода [5].

Вступая во взаимодействие с белками, NO регулирует их активность посредством ключевых посттрансляционных модификаций, например, S-нитрозилирования сульфгидрильных (тиоловых) групп белков. S-нитрозилирование белков, представляющее собой ковалентное присоединение группы оксида азота (-NO) к тиолу цистеина в белке с образованием S-нитрозотиола (SNO), является механизмом NO-опосредованной передачи сигнала во многих процессах, в том числе аутофагии. К сожалению, информация об NO-индуцированной аутофагии в растениях довольно скудна, а информация о посттрансляционных модификациях, которым подвергаются белки во время процесса, почти отсутствуют. В связи с этим, настоящая работа посвящена анализу S-нитрозилирования белков при индукции аутофагии в клетках корней пшеницы *Triticum aestivum* L.

Нами показано, что воздействие на проростки *T. aestivum* доноров NO индуцирует накопление аутофагосом в клетках корней. Биоинформатический анализ выявил наличие гипотетических сайтов S-нитрозилирования в структуре ключевых аутофагических белков (AuTophaGy-related protein) *T. aestivum*, участвующих на разных стадиях аутофагии. Это указывает на возможность посттрансляционных модификаций аутофагических белков при NO-индуцируемой аутофагии.

С использованием специфических моноклональных первичных антител и вторичных флуоресцентных антител было показано, что при индукции аутофагии донором оксида азота KNO₂ и митохондриальным ингибитором антимицином А происходит S-нитрозилирование белков. Наибольшая флуоресценция белков наблюдалась при аутофагии, индуцированной

воздействием NO-донора, что может свидетельствовать о важности природы индуктора аутофагии и тонких механизмах S-нитрозилирования белков.

Для подтверждения предположения о повышении уровня S-нитрозилирования белков в условиях индуцированной аутофагии нами проводился анализ нитрозилирования белков методом иммунопреципитации с использованием антител Anti-S-nitrosocysteine и дальнейшим Вестерн-блотом со вторичными антителами, конъюгированными с пероксидазой. Обнаружено, что по сравнению с контролем в образцах, обработанных KNO₂ и антимицином А, наблюдалось увеличение содержания S-нитрозилированных белков.

Таким образом, наши результаты свидетельствуют о том, что одним из NO-опосредованных механизмов регуляции аутофагии в клетках корней пшеницы является S-нитрозилирование белков. Это подтверждается данными биоинформатического анализа о наличии гипотетических сайтов S-нитрозилирования у аутофагических белков и экспериментальными свидетельствами повышения уровня S-нитрозилированных белков в условиях индуцированной аутофагии.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 20-34-90042.

Список литературы

1. *Siyiannis V. F., Protonotarios V. E., Zechmann B. A. et al. // Protoplasma. 2012. Vol. 49. P. 671–686.*
2. *Hanamata S., Kurusu T., Okada M. et al. // Plant Signal. 2013. Vol. 6. P. 847–864.*
3. *Filomeni G., Zio D., Cecconi F. // Cell Death and Differentiation. 2015. Vol. 22 (3). P. 377–386.*
4. *Sarkar S., Korolchuk V. I., Renna M. // Molecular Cell. 2011. Vol. 43(1). P. 19–32.*
5. *Lee J., Giordano S., Zhang J. // Biochemical Journal. 2012. Vol. 441(2). P. 523–540.*

УДК 574.24

**М. Г. Малева, Е. И. Филимонова, Н. В. Лукина,
М. А. Глазырина, О. С. Синенко, Г. Г. Борисова**

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
maria.maleva@urfu.ru*

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗОЛОТВАЛА СПОСОБСТВУЕТ СНИЖЕНИЮ НАКОПЛЕНИЯ МЕТАЛЛОВ И УЛУЧШЕНИЮ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ У ОРХИДЕИ *LISTERA OVATA*

Ключевые слова: тайник овальный, рекультивация, зольный субстрат, накопление металлов, фотосинтез, фотосинтетические пигменты.

Сокращение ареалов редких видов растений, включая представителей семейства Orchidaceae, влечет за собой уменьшение численности их популяций. Вместе с тем имеются данные о произрастании некоторых орхидных в антропогенной среде обитания: на обочинах шоссежных дорог и железнодорожных насыпей, свалках бытового мусора, а также промышленных отвалах [1, 2]. Одним из таких видов является редкая для Свердловской области орхидея – *Listera ovata* (L.) R. Br. (тайник овальный), обнаруженная на золоотвале Верхнетагильской ГРЭС (ВТГРЭС, Свердловская область, Россия) [3]. Это травянистый многолетник с коротким толстоватым корневищем, мезофит [4].

Адаптивные физиолого-биохимические реакции орхидей, способствующие колонизации техногенных субстратов с неблагоприятными свойствами, к настоящему времени практически не исследованы. Цель работы – оценка влияния рекультивационных мероприятий на накопление металлов, содержание фотосинтетических пигментов и интенсивность ассимиляции CO₂ у орхидеи *L. ovata*, произрастающей на золоотвале.

Отбор субстратов и растительного материала проводили на двух участках золоотвала ВТГРЭС в период цветения орхидеи (середина июля): нерекультивированном (НРУЗ) и частично рекультивированном (РУЗ). Содержание металлов в зольном субстрате, надземных (листья) и подземных (корневище и корни) органах орхидеи определяли при помощи атомно-абсорбционной спектроскопии на Varian AA240FS (США) после озоления 70% HNO₃. Для определения доступных форм металлов в почве, навески (по 2,5 г) предварительно экстрагировали в 50 мл 0,4 мМ растворе Na-ЭДТА. Скорость ассимиляции CO₂ измеряли на портативном инфракрасном газовом анализаторе LI-6400XT («LICOR», США) при насыщающей интенсивности света 1600 мкМ/(м² с), температуре в камере – 23°C и влажности – 50%. Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов) определяли спектрофотометрически на PD-303UV («APEL», Япония) при длинах волн 470, 647 и 663 нм после экстракции в 80% ацетоне и рассчитывали согласно Lichtenthaler [5]. Оценку степени микоризации корней орхидеи проводили согласно Селиванову [6].

Возраст растительного сообщества на НРУЗ около 35 лет. Лесной фитоценоз характеризуется сомкнутостью 0,5–0,6. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 20–25%. На другом исследуемом участке проводилась частичная биологическая рекультивация (в период 1968–1970 гг.), путем нанесения глины полосами

шириной 8–10 м и толщиной наносимого слоя – 15–20 см. Возраст сообщества – около 45 лет. Сомкнутость крон древесных – 0,6–0,7. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса – 35–40% [2].

Под влиянием рекультивационных мероприятий в зольном субстрате возросло валовое содержание магния, кальция, калия, железа, цинка, марганца, меди, свинца и никеля. При этом доля подвижных форм от валового количества в большинстве случаев уменьшалась, что, вероятно, объясняется сорбционными свойствами глинистого грунта, используемого для нанесения полос [2]. Содержание Са и Mg было выше у растений из РУЗ (как в подземных, так и надземных органах), при этом по накоплению К наблюдалась обратная тенденция. Что касается аккумуляции у *L. ovata* тяжелых металлов, в большинстве случаев более высокий уровень был характерен для растений, колонизирующих НРУЗ. Для изученных популяций были выявлены сходные тенденции: металлы-макроэлементы в большем количестве накапливались в надземных органах, а тяжелые металлы – в подземных. Очевидно, этот факт можно объяснить тем, что у данного вида хорошо развито корневище и придаточные корни [4]. Аккумуляция металлов в подземных органах способствует также микориза. Исследование показало, что в клетках паренхимы корней у *L. ovata* находится большое количество пелотонов: частота встречаемости микоризной инфекции составляла 100%, а степень микотрофности достигала 98%.

Содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях *L. ovata*, произрастающей на РУЗ, было в 1,5 раза выше, чем на НРУЗ. Орхидеи, колонизирующие РУЗ, отличались также более высоким (в 1,4 раза) уровнем ассимиляции CO₂ (в расчете на площадь и на хлоропласт), в то время как при расчете на мг хлорофилла достоверных различий между участками не обнаружено.

Таким образом, под влиянием рекультивационных мероприятий снижались степень подвижности тяжелых металлов в зольном субстрате и их накопление в органах *L. ovata*. При этом наблюдалась активизация фотосинтетической функции, играющей особую роль в адаптации орхидеи к неблагоприятным условиям нарушенного местообитания.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках научного проекта № 20-44-660011, и Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение 02.А03.21.0006).

Список литературы

1. Djordjević V., Tsiftsis S., Lakušić D., Stevanović V. // Plant Biosystems. 2014. Vol. 150(4). P. 710–719.
2. Малева М. Г., Борисова Г. Г., Филимонова Е. И. и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 9(99). С. 88–94.
3. Филимонова Е. И., Лукина Н. В., Глазырина М. А. // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2014. Вып. 11. С. 68–75.
4. Kotlínek M., Tešitelová T., Jersáková J. // Journal of Ecology. 2015. Vol. 103. P. 1354–1366.
5. Lichtenthaler H. K. // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. P. 350–382.
6. Селиванов И. А. Микосимбиотрофизм, как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 230 с.

УДК 631.531:504.064.2

С. Г. Махнева

*ФГБУН Ботанический сад УрО РАН,
620130, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а
ФГАОУ ВО «Российский государственный
профессионально-педагогический университет,
620012, Россия, г. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11,
makhniovasg@mail.ru*

ФАКТОРЫ ЭНДОГЕННОЙ, ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ МУЖСКОЙ ГЕНЕРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ СОСНЫ

Ключевые слова: пыльца, микрогаметогенез, репродукция, фертильность, пыльцевая трубка, техногенное загрязнение.

Техногенное загрязнение атмосферы и почв оказывает воздействие на рост, развитие и возобновление сосны обыкновенной, что нередко приводит к деградации лесных экосистем. Воспроизведение сосны в естественных условиях возможно только семенным путем; опыление и оплодотворение являются обязательными условиями развития семени. Недостаточное количество либо низкое качество пыльцы являются лимитирующими факторами репродукции, поэтому изучение качественных и количественных параметров мужской генеративной системы является актуальной задачей.

Объектами наших исследований были культуры сосны 2–4-го классов возраста, произрастающие в градиенте техногенного загрязнения пяти промышленных центров Среднего и Южного Урала. Источники техногенных эмиссий различаются по составу и объемам выбросов загрязняющих веществ и продолжительности их воздействия на окружающие территории. Для определения уровня техногенного воздействия на экосистемы и зонирования территорий была дана оценка санитарного состояния древостоев и проведен в лабораторных условиях анализ состава загрязняющих веществ талой снеговой воды. Снег был отобран в насаждениях в марте до начала периода снеготаяния.

В зонах разного уровня техногенного загрязнения всех промышленных центров были заложены пробные площади, промаркированы деревья. Это позволило в многолетних исследованиях учесть воздействие на древостой сосны не только уровня и типа техногенного загрязнения, но также влияние некоторых природных факторов, таких как переувлажнение, засуха, длительно пониженные или повышенные температуры, к которым мужская генеративная система сосны уязвима.

Мужские шишки собирали отдельно с каждого модельного дерева сосны. Определяли качественные и количественные показатели мужской генеративной системы (обилие и морфометрические показатели мужских шишек, фертильность и жизнеспособность пыльцы по комплексу морфологических, цитологических, гистохимических и физиологических признаков). Материал для исследований собирали в мае-июне на стадиях микрогаметогенеза и перед пылением, что позволило выявить фенологический статус каждого модельного дерева, а также критические этапы микрогаметогенеза сосны в процессе формирования, развития и прорастания пыльцевого зерна.

Было установлено, что техногенное загрязнение атмосферы и почв может влиять на развитие мужского гаметофита сосны, что проявляется в изменении морфологических (размеры, форма пыльцевого зерна и его элементов, тип и частота аномалий) и физиологических (стадия развития, накопление запасных веществ, способность к прорастанию и формированию пыльцевой трубки) признаков пыльцы древостоя. Было выявлено, что сочетание высокого уровня техногенного загрязнения и неблагоприятных почвенных условий оказывает крайне негативное влияние на рост и развитие древостоя и его репродукцию.

Факторами индивидуальной изменчивости деревьев в древостое по параметрам мужской генеративной системы (при равных условиях техногенного загрязнения и почвенного питания), помимо очевидного генотипического, являются возраст дерева, состояние его ассимиляционного аппарата, цвет микростробила.

Уровень освещенности кроны, расположение мужских шишек в кроне и на ветке и микростробилов в мужской шишке являются важнейшими факторами эндогенной изменчивости.

Указанные факторы следует учитывать при изучении качественных и количественных параметров мужской генеративной системы, что будет способствовать унификации методических подходов в изучении репродукции хвойных, получении сравнимых результатов, необходимых для понимания механизмов повреждения и устойчивости хвойных к действию биотических и абиотических факторов среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ФНИ государственных академий наук

УДК 632.91

О. М. Минаева^{1,2}, Е. Е. Акимова^{1,2}, Т. И. Зюбанова^{1,2},
А. В. Кравец¹, Н. Н. Терещенко^{1,2}

¹СибНИИСХиТ – филиал СФНЦА РАН,
634050, Россия, г. Томск, ул. Гагарина, 3,
tom05@mail.ru,

²Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ ОДНОКЛЕТОЧНОЙ ВОДОРΟΣЛИ *CHLORELLA VULGARIS* WEIJER. ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗИСТЕНТНОСТИ СОРТОВ И ГИБРИДОВ КАРТОФЕЛЯ К КОЛОРАДСКОМУ ЖУКУ

Ключевые слова: картофель, хлорелла, колорадский жук, резистентность, удельная скорость роста микробной культуры.

Одним из опаснейших вредителей картофеля является колорадский жук, который прожорлив, быстро размножается, отличается поразительной экологической пластичностью и приспособляемостью, что позволяет ему успешно адаптироваться к биотическим и абиотическим факторам, а также к антропогенным воздействиям. По данным международной базы Web Analysis for Pesticideresistance у колорадского жука развилась резистентность к 51 препарату из различных классов инсектицидов. Поэтому становится все более актуальным создание изначально резистентных к этому вредителю сортов картофеля. Использование новых тест-объектов, таких как *Chlorella vulgaris* позволило бы не только оценить наличие в растениях компонентов фенольных, алкалоидных и терпеноидных соединений, негативно влияющих на рост культуры одноклеточной водоросли, и пищевую привлекательность растений для вредного объекта, но и сократить время, затрачиваемое на оценку и, соответственно, выведение новых сортов.

Цель работы – анализ возможности использования культуры *C. vulgaris* для оценки резистентности сортов и гибридов картофеля к колорадскому жуку.

Выращивание картофеля проводилось в одном типе почв в равных нормализованных условиях естественного освещения и контролируемого полива. Маточная культура водоросли получена на 50% среде Тамия. Температура культивирования составляла $+36,0 \pm 1,0^\circ\text{C}$, световое облучение культуры $60 \pm 2,0 \text{ Вт/м}^2$, концентрация CO₂ на уровне 0,03%. Культура выращивалась до оптической плотности $0,125 \pm 0,005$ отн. ед., ее регистрация проводилась с помощью измерителя плотности суспензии ИПС-03 ($\lambda=560 \pm 10 \text{ нм}$). Для приготовления вытяжек из листьев картофеля, листья опытного сорта, массой 500 мг, размельчали и растирали в ступке с небольшим количеством 50% среды Тамия, взятого от общего объема (100 мл), до однородной консистенции. Рабочая концентрация разведений составляла 1:50. Контроль представлял собой флаконы, заполненные 9 мл используемой среды для роста микроводоросли и 1 мл размноженной культуры *C. vulgaris*, опытные варианты содержали по 9 мл вытяжки из листьев сортов и гибридов картофеля и 1 мл размноженной культуры той же плотности, что и в контроле. Измерение плотности суспензий происходило каждые 24 ч на протяжении 5 дней. Всего в опыте использовали 17 различных сортов и гибридов картофеля.

Данные, полученные в ходе экспериментов, обрабатывали с помощью пакета StatSoft STATISTICA 8.0. Скорость роста хлореллы рассчитывали с использованием метода линейной и нелинейной регрессии. Наличие связи между параметрами, описывающими рост культуры хлореллы в средах с добавлением вытяжек картофеля и параметрами, характеризующими поедаемость сортов колорадским жуком, а также прирост биомассы личинок, поедающих разные сорта, оценено на основании расчета коэффициента линейной корреляции Пирсона.

В предварительно проведенных модельных экспериментах была оценена устойчивость использованных сортов и гибридов картофеля к колорадскому жуку на основании расчета параметров: выживаемость личинок младших возрастов при поедании листьев только одного сорта, скорость поедания листьев картофеля одной особью в абсолютном и процентом соотношении, удельные скорости поедания листовой пластинки на г веса личинки, абсолютные и удельные скорости прироста вредителя [1].

Ежесуточное изменение оптической плотности культуры водоросли показало, что ее рост описывался классической для глубинных периодических культур логистической кривой, при описании которой были высчитаны удельные скорости нелинейного роста водоросли. Однако, ГОСТ Р 54496-2011 предполагает линейный расчет скорости роста культуры, поэтому дополнительно вычислялись линейные скорости роста культуры. В ГОСТе также регламентируются градации токсичности проб по отклонению значений, характеризующих суспензию хлореллы в опыте от контроля. На основании комплекса полученных данных высокотоксичными сортами для культуры водоросли являются сорта Каротоп, Кетский, Розара, Невский, Накра, Памяти Рогачева, Ред Скарлет и гибрид С–87–14. Из приведенных сортов в группу устойчивых к колорадскому жуку попал сорт Накра, сорта Невский, Каротоп, Кетский, Ред Скарлетт, Розара и гибрид С–87–14 отнесены к среднеустойчивым, а в группу неустойчивых сортов вошел сорт Памяти Рогачева.

На основании полученных параметров, описывающих рост суспензии хлореллы на среде с добавлением листовых вытяжек разных сортов и гибридов картофеля, было проведено вычисление коэффициентов корреляции с параметрами, описывающими устойчивость тех же сортов и гибридов к колорадскому жуку. Отмечены положительные статистически значимые коэффициенты корреляции между удельной скоростью роста личинок и оптической плотностью хлореллы через 24 ч (острой токсичности). Анализ корреляционных данных показывает, что чем лучше и больше прирост одноклеточной водоросли в первые сутки эксперимента, тем быстрее будут прирастать личинки колорадского жука, питаясь листьями этих сортов картофеля. Также получены высокие статистически значимые коэффициенты корреляции между выживанием личинок колорадского жука и скоростями роста культуры хлореллы: чем быстрее прирастает культура на средах с вытяжками листьев картофеля, тем меньше выживаемость личинок жука при питании этим сортом.

Таким образом, полученные данные позволяют рекомендовать удельную скорость роста хлореллы на 50% среде Тамия с добавлением вытяжек из листьев картофеля, разбавленной в 50 раз, в качестве параметра, характеризующего удельную скорость роста личинок. Линейную и нелинейную удельную скорости роста культуры микроводоросли на среде с добавлением вытяжек – в качестве параметров, характеризующих выживаемость личинок младших возрастов колорадского жука при питании данным сортом.

Список литературы

1. Минаева О. М., Терещенко Н. Н., Зюбанова Т. И. и др. // Защита и карантин растений. 2020. № 7. С. 23–25.

УДК 632.4

Э. В. Некрасов¹, Л. П. Шумилова¹,
М. М. Гомжина²

¹Амурский филиал Ботанического сада-института
Дальневосточного отделения Российской академии наук,
675000, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское ш., 2 км,
ed_nekrasov@mail.ru,

²Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
196608, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ш. Подбельского, 3

ПАТОГЕННОСТЬ ДВУХ ВИДОВ ФОМОИДНЫХ ГРИБОВ В ОТНОШЕНИИ АБРИКОСА МАНЬЧЖУРСКОГО

Ключевые слова: *Prunus mandshurica*, *Nothophoma quercina*, *Diaporthe eres*, фомоидные грибы, фитопатогенность.

Абрикос маньчжурский (*Prunus mandshurica* (Maxim.) Koehne) является редким видом для дальневосточной флоры, однако культивируется во многих ботанических садах и используется в озеленении [1]. В Амурской области абрикос маньчжурский был интродуцирован более 100 лет назад [2]. Успех сохранения вида определяется как климатическими, так и биотическими факторами, к которым относятся фитопатогенные организмы, в том числе грибы. Ранее мы сообщали о выделении с однолетних побегов абрикоса 18 видов микромицетов, среди которых часто встречались штаммы двух видов фомоидных грибов [3]. С использованием молекулярно-генетических методов эти виды были идентифицированы как *Diaporthe eres* Nitschke. и *Nothophoma quercina* (Syb. et P. Syb.) Qian Chen et L.Cai (М.М. Гомжина, неопубликованные результаты). Целью работы была оценка фитопатогенности этих фомоидных грибов при инокулировании побегов абрикоса маньчжурского.

Внешне здоровые ветви абрикоса маньчжурского собирали с пяти деревьев на территории ООО «Благовещенский плодпитомник» (пос. Плодпитомник, г. Благовещенск, Амурская область) и из коллекции Амурского филиала Ботанического-сада ДВО РАН в конце июля 2020 г. Фрагменты ветвей (далее побеги) длиной 19,5–27,5 см и диаметром 0,6–1,7 см промывали водопроводной водой и поверхностно стерилизовали с использованием коммерческого отбеливателя «Белизна», разбавленного дистиллированной водой 1:2, по объему, в течение 10 мин с последующей промывкой стерильной водой 2 раза. Для заражения побегов скальпелем делали надрез до древесины, куда помещали агаровый блок, высеченный из 10–12-ти суточной культуры фомоидного гриба, выращенной на питательной среде Чапека, место инокуляции закрывали стерильной влажной ватой и заматывали пленкой ПВХ. В работе использовали по 5 штаммов *D. eres* и *N. quercina*. В качестве отрицательного контроля брали побеги, инокулированные блоками, высеченными из чистой питательной среды. Побеги помещали в стаканы со стерильной водопроводной водой, закрывали фольгой и выдерживали в климатической камере (24°C, влажность 80%, фотопериод 12 ч) в течение 30 суток. Воду в стаканах меняли 2 раза в неделю.

Учет размеров некрозов проводили через 30 суток после инокуляции. Побеги повторно поверхностно стерилизовали, как описано выше. Удаляли пленку, вату и кору вокруг места

инокуляции и скальпелем вырезали кусочки ткани на краю некроза, а также участках ткани, окружающих некроз. Для подтверждения постулатов Коха, выделения возбудителей некроза и их идентификации кусочки ткани помещали в чашку Петри на среду Чапека и инкубировали при комнатной температуре и тусклом освещении. Идентификацию выделенных штаммов микромицетов выполняли так же, как описано ранее [3].

В результате инокуляции на побегах наблюдали развитие некроза ткани, окружающей сайт инокуляции. Размеры некрозов после инокуляции *D. eres* были существенно выше (t-критерий Стьюдента) по сравнению с контролем (таблица). Этот микромицет повторно выделяли из некрозов с высокой частотой (77%), а иногда и из окружающей некрозы ткани. В 17% изоляты *D. eres* были выделены из контрольных побегов. При инокуляции побегов штаммами *N. quercina* размеры некрозов существенно не отличались от контрольных значений, а частота его выделения из некротической и окружающей ткани была заметно ниже, чем при заражении *D. eres* (таблица). Как и в случае *D. eres*, *N. quercina* был выделен из контрольных побегов в 17%.

Таблица

Оценка фитопатогенности двух видов фомоидных грибов в отношении побегов абрикоса маньчжурского (*Prunus mandshurica*)

Заражение	Количество побегов, шт.	Средняя длина некроза ± стандартное отклонение, см	Частота повторного выделения из некроза, %	Частота выделения из ткани, окружающей некроз, %
Контроль	12	0,8±0,4	–	–
<i>Diaporthe eres</i>	26	2,0±2,0**	76,9	33,3
<i>Nothophoma quercina</i>	25	1,0±0,8	44,0	20,8

**Различия достоверны по сравнению с контролем на 0,01 уровне значимости.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что *D. eres* является патогенным для абрикоса маньчжурского и может вызывать заболевания его ветвей. Патогенность другого вида фомоидных грибов – *N. quercina* – выражена в меньшей степени.

Список литературы

1. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. редколл. Ю. П. Трутнев [и др.] / Сост. Р. В. Камелин [и др.]. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
2. Казьмин Г. Т. Абрикос на Дальнем Востоке: монография. Хабаровск: Кн. изд., 1973. 264 с.
3. Шумилова Л. П., Некрасов Э. В. Фитопатогенные микромицеты однолетних побегов абрикоса маньчжурского в условиях юга Амурской области // Мониторинг и биологические методы контроля вредителей и патогенов древесных растений: от теории к практике: материалы Всероссийской конференции с международным участием (18-22 апреля 2016 г., Москва). Красноярск: ИЛ СО РАН, 2016. С. 264–265.

УДК 581.14

Д. С. Плотников, А. С. Тугбаева, А. А. Ермошин, И. С. Киселева

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620000, Россия, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51,
dmitry.plotnikov@urfu.ru

ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ ПРОРОСТКОВ *ZINNIA ELEGANS* НА ДЕЙСТВИЕ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ МЕДИ

Ключевые слова: *Zinnia elegans*, ионы меди, длина органов, пероксид водорода, пероксидазы.

Вследствие хозяйственной деятельности, естественных процессов эрозии горных пород, возникает проблема загрязнения почвы ионами тяжелых металлов, например, меди. Избыток Cu^{2+} через гиперпродукцию активных форм кислорода (АФК) вызывает снижение интенсивности фотосинтеза и дыхания, что сопровождается уменьшением продуктивности растений [1]. Считается, что растения наиболее чувствительны к действию стрессоров на стадии проростков, что делает их удобным объектом для ранней диагностики устойчивости.

Zinnia elegans Jacq. является одним из кандидатов среди растений для использования при рекультивации почвы, загрязненной тяжелыми металлами [2]. Цель работы – изучение ответных реакций проростков *Z. elegans* на действие разных концентраций Cu^{2+} .

Семена *Z. elegans* проращивали на чашках Петри на водных растворах CuSO_4 с концентрацией 0, 25, 50, 100 и 200 мкМ/л. На 5 день после прорастания определяли всхожесть семян, на 8 день измеряли длину корешка и гипокотила, общую сухую массу. Количество H_2O_2 анализировали по Bellincampi [2], активность гваяколовой пероксидазы (ГПО, КФ 1.11.1.7) – по Chance [3] в грубом экстракте тканей корня и гипокотила в 0.05 М Tris-HCl буфере (pH 7.0). Опыт повторяли трижды ($n = 25$). Статистическую обработку данных проводили в программе STATISTICA 10 с применением *U*-критерия Манна-Уитни при $p < 0.05$. В тексте представлены среднее значение и ошибка, * – значимое отличие от контроля.

Морфологическими признаками токсичного эффекта Cu^{2+} является торможение роста, снижение длины и массы органов. При действии 25 и 50 мкМ Cu^{2+} всхожесть семян и масса проростков не изменилась (таблица). В вариантах опыта с 100 и 200 мкМ всхожесть семян снизилась на 15%, масса проростков на 15 и 16% соответственно.

Таблица

Всхожесть семян, общая масса и длина осевых органов 8-дневных проростков *Z. elegans*

Концентрация Cu^{2+} , мкМ/л	Всхожесть, %	Масса, мг	Длина корня, мм	Длина гипокотила, мм
0	84.0 ± 5.7	18.8 ± 0.9	27.3 ± 2.7	42.3 ± 1.8
25	80.4 ± 4.1	17.8 ± 0.6	19.3 ± 1.6*	40.3 ± 2.2
50	79.5 ± 3.7	16.6 ± 0.7	16.8 ± 1.5*	41.3 ± 1.9
100	72.0 ± 4.3*	15.9 ± 0.5*	5.3 ± 0.4*	33.2 ± 2.2*
200	71.3 ± 4.8*	15.7 ± 0.6*	4.9 ± 0.5*	23.3 ± 3.5*

Негативный эффект Cu^{2+} сильнее выражен в корешках, что проявилось в сокращении их линейных размеров во всех вариантах опыта. Существенное уменьшение длины (5 и 5.6 раз), побурение корешков отметили при действии высоких концентраций Cu^{2+} . Отрицательное влияние было менее выражено в гипокотиле: длина не изменилась при действии умеренных доз металла, но сократилась на 23% и 45% при 100 и 200 мкМ Cu^{2+} соответственно.

Об устойчивости растений к действию стрессоров можно судить по содержанию АФК и усилению активности ГПО. В нашем исследовании количество пероксида водорода и активность ГПО в большей степени возрастала в тканях корня, особенно при высоких концентрациях Cu^{2+} . Менее выражен эффект в гипокотиле: содержание H_2O_2 выросло в 2.7 при действии 200 мкМ, активность ГПО не изменилась во всех вариантах опыта. Повышенная продукция H_2O_2 в гипокотиле может быть связана с транслокацией Cu^{2+} в него и развитию стресса. Об этом свидетельствует также снижение линейных размеров гипокотыля.

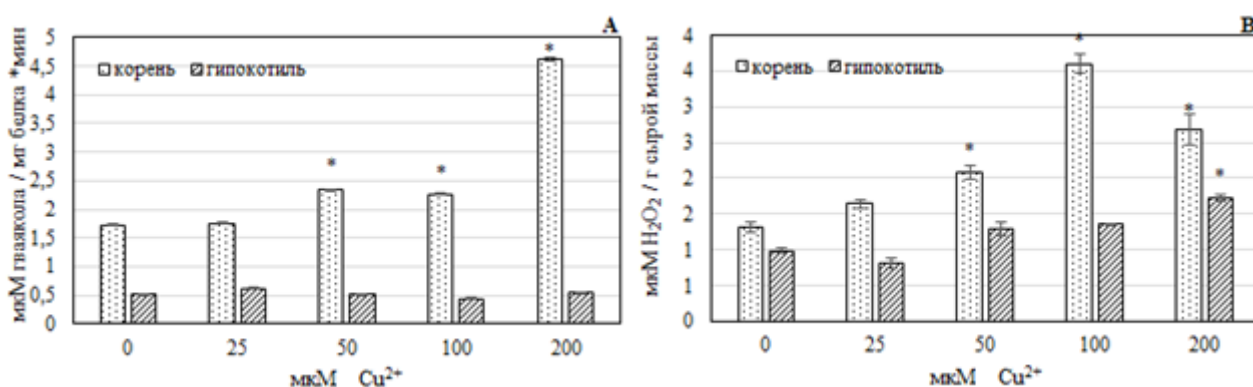


Рисунок. Активность гваяколовой пероксидазы (А) и содержание пероксида водорода (В) в проростках *Z. elegans*

Таким образом, с увеличением концентрации Cu^{2+} в среде снижение линейных размеров и биомассы *Z. elegans* становилось более явным. Стимулирующего эффекта низких концентраций не выявлено. Действие высоких концентраций (100–200 мкМ Cu^{2+}) привело к небольшому снижению всхожести семян и массы проростков, но значительному уменьшению размеров органов. Увеличивалось содержание H_2O_2 и активность ГПО в тканях корня в вариантах опыта с 50–200 мкМ Cu^{2+} . Эти изменения свидетельствуют о чувствительности проростков цинии к ионам меди и возможном использовании показателя активность ГПО в корне как маркера для ранней диагностики устойчивости растений.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 02.А03.21.0006).

Список литературы

1. Rehman M., Liu L., Wang Q. et al. // Environmental Science and Pollution Research. 2019. Vol. 26. P. 18003–18016.
2. Bellincampi D., Dipierro N., Salvi G. et al. // Plant Physiology. 2000. Vol. 122. P. 1379–1385.
3. Chance B., Maehly A. C. // Methods in Enzymology. 1955. Vol. 2. P. 764–775.

УДК 581.19:577.152.2

Е. В. Прадедова, Р. К. Салаяв

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Сибирский институт физиологии и биохимии растений
Сибирского отделения Российской академии наук,
664033, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132,
praded@sifibr.irk.ru*

ВЛИЯНИЕ БИОТИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА СИСТЕМУ АНТИОКСИДАНТНОЙ ЗАЩИТЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ВАКУОЛИ КЛЕТОК КОРНЕПЛОДОВ СТОЛОВОЙ СВЕКЛЫ

Ключевые слова: *Beta vulgaris* L., вакуоль, биотический стресс, ферменты антиоксидантной защиты.

Сложная многоуровневая система антиоксидантной защиты сосредоточена во всех компартментах растительной клетки [1]. Ферментам, относимым к этой системе, таким как каталаза (CAT, КФ 1.11.1.6), пероксидаза III класса (POX, КФ 1.11.1.7), супероксиддисмутаза (SOD, КФ 1.15.1.1) и глутатионредуктаза (GR, КФ 1.8.1.7), уделяется большое внимание. Они активно исследуются в случаях воздействия на растительные организмы разнообразных стрессорных факторов, так как прямым или опосредованным способом контролируют концентрацию активных форм кислорода (АФК) и регулируют таким образом окислительно-восстановительное состояние клеток.

В центральной вакуоли также сосредоточена многокомпонентная антиоксидантная система. Некоторые ферменты антиоксидантной защиты, обнаруженные в вакуолях, до сих пор недостаточно изучены [2]. В связи с этим представлялось целесообразным исследование активности и изоферментного состава вакуолярных SOD, GR и POX, при поражении растения патогенными микроорганизмами. Объектом исследования служили корнеплоды столовой свеклы (*Beta vulgaris* L.), зараженные (естественным путем) грибными и бактериальными патогенами в период физиологического покоя. Поражение корнеплодов комплексом микроорганизмов при нарушении условий хранения называется кагатной гнилью. Она приводит к существенным потерям урожая сахарной и столовой свеклы [3].

У пораженных микроорганизмами корнеплодов, как было установлено в ходе исследования, в вакуолях существенно повышалась активность всех указанных ферментов. Активность вакуолярной SOD в опытных вариантах возрастала почти в 2 раза по сравнению с контрольными вариантами, которыми служили корнеплоды без видимых признаков заболевания. Тогда, как в тканях корнеплодов активность фермента (общеклеточного или тотального, tSOD) практически не изменялась. При этом количество изоформ SOD у опытных и контрольных корнеплодов совпадало (данные не приводятся). Следует заметить, что в вакуолях были выявлены три изоформы Cu, Zn-SOD, а в тканях tSOD была представлена одной изоформой Mn-SOD, одной изоформой Fe-SOD и тремя изоформами Cu,Zn-SOD [4]. Практически в 3 раза повышалась активность GR в вакуолях инфицированных корнеплодов. Возрастала активность и tGR (общей GR клетки). В то же время изоферментный состав GR, который был представлен двумя изоформами, оставался неизменным (данные не приводятся).

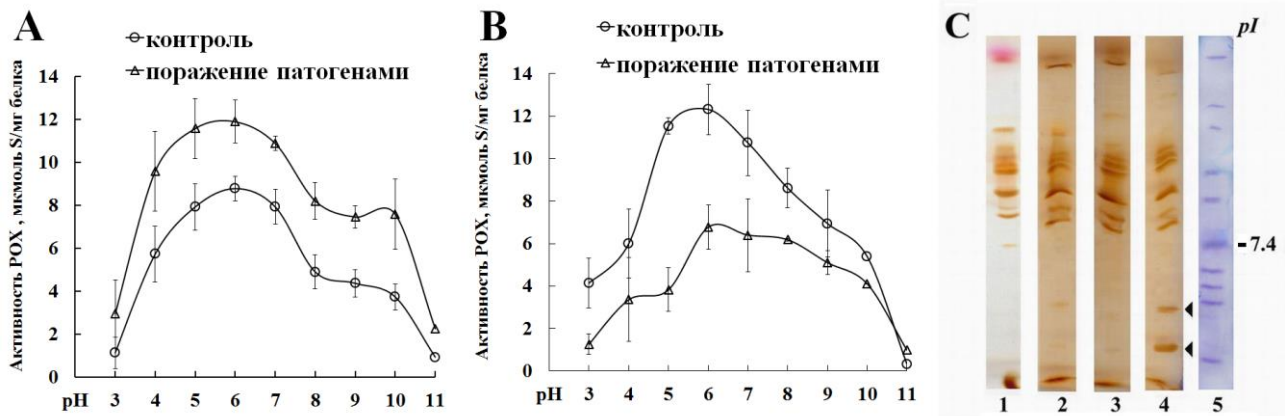


Рисунок. Активность пероксидазы (РОХ) (А) в вакуолях и (В) в экстрактах ткани. (С) Изменение изоферментного состава: 1 – в вакуолях, контрольный вариант; 2 – в вакуолях, опытный вариант; 3 – в экстрактах ткани, контрольный вариант; 4 – в экстрактах ткани, опытный вариант. Стрелками обозначены индуцибельные катионные изоформы

В вакуолях корнеплодов, пораженных микроорганизмами, также возрастала активность РОХ (в среднем в 1,5 раза) (рисунок, А). Поскольку РОХ в растительной клетке представлена широким спектром изоформ, большое значение имели оптимумы рН для ферментативной активности. Они были одинаковыми для активности РОХ вакуолей опытных и контрольных вариантов и соответствовали рН 5.0 и 6.0. Возможно, это обусловлено отсутствием изменений в изоферментном составе РОХ (рисунок, С). Противоположную картину наблюдалась в случае с tРОХ (общей РОХ клетки). Наряду с выраженным понижением активности tРОХ (в среднем в 2 раза), смещался оптимум рН к более высокому значению (к рН 6.0) (рисунок, В). При этом количество изоформ tРОХ увеличивалось. Появлялись две индуцибельные катионные изоформы (рисунок, С). Так как в вакуолях активация индуцибельных катионных изоформ не выявлена, можно предположить, что основным местом их локализации служил апопласт.

В целом, активация ферментов антиоксидантной защиты у пораженных микроорганизмами корнеплодов свидетельствовала об усилении окислительных процессов в вакуолярном компартменте. Одновременное повышение активности SOD и РОХ позволяло предположить активную генерацию/утилизацию H_2O_2 . Известно, что усиленное производство H_2O_2 , называемое окислительным взрывом – защитная реакция от патогенов. Кроме того, генерируемые АФК играют роль сигнальных интермедиатов. В связи с этим можно заключить, что ферменты антиоксидантной защиты, локализованные в вакуолях, вносят весомый вклад в защитные реакции растительной клетки при действии биотических факторов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 14-44-04059).

Список литературы

1. Kolupaev Y. E., Karpets Y. V., Kabashnikova, L. F. // Applied Biochemistry and Microbiology. 2019. Vol. 55. P. 441–459.
2. Peshev D., Vergauwen R., Moglia A. et al. // Journal of Experimental Botany. 2013. Vol. 64. P. 1025–1038.
3. Lipa J. J. // Journal of Plant Protection Research. 2009. Vol. 49. P. 335–346.
4. Pradedova E. V., Isheeva O. D., Salyaev R. K. // Biochemistry (Moscow), Supplement Series A. 2009. Vol. 3. P. 24–32.

УДК 577.112.083

**Е. А. Рогожин^{1,2}, А. С. Барашкова^{1,2},
Д. Ю. Рязанцев¹, С. К. Завриев¹**

¹*Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина
и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук,
117997, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 16/10,
rea21@list.ru*

²*Институт экологической и сельскохозяйственной
биологии (Х-Вio), Тюменский государственный университет,
625003, Россия, г. Тюмень, ул. Володарского, 6,
e.a.rogozhin@utmn.ru
barashkova.an@gmail.com*

ВЫЯВЛЕНИЕ ГОМОЛОГОВ ГЕВЕИНО-ПОДОБНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПЕПТИДОВ СЕМЕЙСТВА WAMP В ДИКОРАСТУЩИХ ЗЛАКАХ: РАЗНООБРАЗИЕ, СТРУКТУРНЫЙ АСПЕКТ И СПЕКТР БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Ключевые слова: врожденный иммунитет растений, антимикробные пептиды, 10-цистеиновый мотив, дикорастущие злаки, первичная структура.

Хорошо известно, что грибные болезни растений представляют собой один из экономически значимых факторов, который приводит к потерям урожая сельскохозяйственных культур, и снижению его качества. Для подавления роста и распространения болезней культурных растений в сельском хозяйстве наиболее широко применяются химические средства защиты растений (пестициды). В конечном итоге это приводит к повышению содержания остаточных количеств пестицидов в сельскохозяйственной продукции, а также их накоплению в агробиоценозах. Так, в 2018 в России было использовано 65,1 тыс. т пестицидов. Из этого объема 97,6% пришлось на химические средства защиты растений (63,5 тыс. т). Биологические методы защиты также применяются для борьбы с болезнями растений. Они гораздо безопасней и не приводят к накоплению токсичных веществ, однако на их долю в 2018 г пришлось 2,4% (1,6 тыс. т).

Антимикробные пептиды (АМП) – важнейшие компоненты конститутивного и индуцированного иммунитета растений к биотическим стрессовым факторам окружающей среды. Они выступают как объект фундаментальных исследований, а также представляют интерес с прикладной точки зрения. Последний аспект обусловлен, в частности, их потенциальной привлекательностью как прототипов так называемых биологических средств защиты растений «нового поколения», основу которых составляют эффективные и достаточно легко разлагаемые метаболиты природного происхождения.

Геveiно-подобные защитные пептиды принимают участие в иммунном ответе растений на фитопатогенные грибы и насекомых-вредителей. Их защитные свойства преимущественно обусловлены связыванием с хитином. Однако описаны альтернативные биологические эффекты, например, специфическое неконкурентное ингибирование протеолитических ферментов – молекулярных факторов вирулентности фитопатогенов. В рамках настоящего исследования был осуществлен скрининг белково-пептидных экстрактов (БПЭ), полученных из семян ряда дикорастущих злаков на содержание гомологов

ранее охарактеризованной группы подсемейства WAMP («wheat antimicrobial peptides») из пшеницы (*Triticum kiharae*) [1]. Для представителей данной группы ранее было показано наличие транскрибирующихся генов-гомологов антимикробного пептида WAMP-1a, содержащих единственную варибельную замену в 34 положении полипептидной цепи, которая не затрагивает участок хитин-связывающего домена [2]. Данные гены показали достоверно возрастание уровня транскрипционной активности в ответ как на действие биотического стресса (заражение фитопатогенными грибами), так и абиотические воздействия (апликация фитогормонами и тяжелыми металлами) [3].

В ходе данной работы были получены БПЭ следующих видов дикорастущих злаков: ежовник обыкновенный (*Echinochloa crusgalli*), пырей ползучий (*Agropyron repens*), пырей удлинённый (*Elytrigia elongata*), ежа сборная (*Dactylus glomerata*) и тимофеевка луговая (*Phleum pratense*). В результате в трех из пяти представленных вариантов были выявлены так называемые WAMP-подобные АМП, которые были идентифицированы N-концевым автоматическим секвенированием по методу Эдмана. Интересно, что для вида *A. repens* ранее сообщалось о наличии функциональных транскриптов генов, гомологичных белкам-предшественникам WAMP и названных ERAMP1, ERAMP2 и ERAMP3 [4].

Стоит отметить, что для одного из пептидов, выделенного из *E. crusgalli*, названного ЕАМР («*echinochloa antimicrobial peptide*»), была установлена полная первичная структура, которая позволила локализовать наличие трех замен аминокислотных остатков относительно референсной структуры WAMP-1a. Был получен его рекомбинантный аналог методом гетерологической экспрессии в прокариотической системе: исследована степень его связывания с различными модельными углеводными полимерами – компонентами клеточных стенок грибов *in vitro*, определена антибактериальная активность и получена флуоресцентная производная с NHS BDP FL для дальнейшего определения механизма антимикробного действия, не связанного с интеграцией с хитином, на клеточном уровне.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-74-10073.

Список литературы

1. Odintsova T. I., Vassilevski A. A., Slavokhotova A. A. et al. // FEBS J. 2009. Vol. 276(15). P. 4266–4275.
2. Andreev Y. A., Korostyleva T. V., Slavokhotova A. A. et al. // Biochimie. 2012. Vol. 94. P. 1009–1016.
3. Истомина Е. А., Коростылева Т. В., Рожнова Н. А. et al. // Генетика. 2016. Т. 52. № 11. С. 1300–1310.
4. Slezina M. P., Korostyleva T. V., Slavokhotova A. A. et al. // Russian Journal of Genetics. 2018. Vol. 54. P. 1152–1159.

УДК 63:581.17:581.19

О. А. Розенцвет¹, Е. С. Богданова¹, В. Н. Нестеров¹,
А. Л. Бакунов², А. В. Милехин², С. Л. Рубцов²

¹Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Институт экологии Волжского бассейна РАН,
445003, Россия, г. Тольятти, ул. Комзина, 10,
olgarozen55@mail.ru,

²Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Самарский научно-
исследовательский институт сельского хозяйства им. Н.М. Тулайкова,
446254, Россия, г. Безенчук, ул. К. Маркса, 41

ПРОДУКТИВНОСТЬ, МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАРТОФЕЛЯ СОРТОВ СИВЕРСКИЙ И ТРЕТЬЯКОВКА В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Ключевые слова: картофель, белки, липиды, пролин, фотосинтетические пигменты.

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) – ценное растение в жизнеобеспечении человека – относится к культурам с высокой потенциальной продуктивностью и способен адаптироваться к широкому спектру внешних условий. Эффективное использование потенциала продуктивности картофеля, создание сортов, способных формировать полноценный урожай в различных агроклиматических районах предполагает глубокое понимание эколого-биологических свойств и физиолого-биохимических особенностей данной культуры [1].

В настоящей работе исследованы морфологические и физиолого-биохимические особенности картофеля среднеспелого сорта Сиверский и среднераннего сорта Третьяковка. Высадку клубней проводили во второй декаде мая 2020 г. на опытном участке Самарского НИИСХ – филиала СамНЦ РАН. Растения высаживали в четырех повторностях по 50 клубней каждая и выращивали без орошения на почве: чернозём террасовый, обыкновенный, малогумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый. В периоды завязывания клубней и нарастания их массы отмечено лишь 16,2 мм осадков при среднем многолетнем значении 76 мм. В первой и второй декадах июля осадков не было, а температура воздуха составила в среднем за декаду 25,1 и 24,9°C, соответственно.

Рост характеризовали по высоте и приросту надземной части растений. Биохимические показатели определяли в боковых долях листа определенного яруса в период активного цветения (июль) и увядания ботвы (август). Физиолого-биохимическое состояние растений оценивали по содержанию сухого вещества, фотосинтетических пигментов, белковому и липидному обмену, а также состоянию окислительно-восстановительной системы (уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ), количество пролина).

Продуктивность выбранных сортов составляла 512 и 312 г в расчете на одно растение для сортов Сиверский и Третьяковка, соответственно. Высота растений сорта Сиверский на 50 день посадки составляла 43,4 см, а на 60 день – 59,1 см (прирост 36,2%). Сорт Третьяковка характеризовался большей высотой растений (56,9 и 66,6 см на 50 и 60 день, соответственно), но меньшим приростом (25,9%).

Кроме того, сорт Сиверский отличался большим количеством стеблей (8,6 шт. на растение) по сравнению с сортом Третьяковка (4,2 шт.). Растения мало различались по

содержанию сухой массы (сух. м.) и суммарному содержанию пигментов в период активного цветения (таблица). В период отмирания ботвы в низкоурожайном сорте Третьяковка содержание пигментов снижалось на 20%. Общее содержание белка мало различалось и составляло 295–283 мг/г в расчете на сухую массу (сух. м.) в июле и 230–232 мг/г в августе с преобладанием водорастворимых белков. Для сорта Сиверский отмечено снижение содержания водорастворимых белков по отношению к мембранным белкам к августу, а сорта Третьяковка – их увеличение. Сорт Сиверский характеризовался снижением общего содержания липидов в период вегетации за счет снижения количества запасных липидов, а сорт Третьяковка – постоянным количеством суммарных липидов и увеличением запасных. Уровень ПОЛ в исследованных растениях оставался постоянным. Увеличение содержание аминокислоты – пролина – отмечали только у сорта Сиверский в период отмирания ботвы.

Таблица

Физиолого-биохимические параметры картофеля среднеспелого сорта Сиверский и среднераннего сорта Третьяковка

Параметры	Сорт			
	Сиверский		Третьяковка	
	июль	август	июль	август
Сухая масса листа, % от сырой массы	20,0	24,9	19,9	22,7
Хлорофилл <i>a</i> (Хл <i>a</i>), мг/г сух. м.	7,0	6,6	6,6	5,3
Хлорофилл <i>b</i> (Хл <i>b</i>), мг/г сух. м.	2,3	2,1	2,1	1,8
Каротиноиды, мг/г сух. м.	2,0	1,7	1,8	1,5
Σ пигментов, мг/г сух. м.	11,3	10,5	10,5	8,7
Хл <i>a</i> / Хл <i>b</i>	3,0	3,1	3,1	2,9
Водорастворимые белки (ВБ), мг/г сух. м.	240,3	181,3	206,7	190,3
Мембраносвязанные белки (МБ), мг/г сух. м.	54,8	48,6	76,7	42,2
ВБ/МБ	4,4	3,8	2,7	4,5
Мембранные липиды (МЛ), мг/г сух. м.	67,8	55,8	52,2	49,7
Запасные липиды (ЗЛ), мг/г сух. м.	32,7	11,0	26,3	48,5
МЛ/ЗЛ	2,1	5,1	2,0	1,0
ПОЛ, мкМ/г сух. м.	0,1	0,1	0,1	0,1
Пролин, мг/г сух. м.	3,1	9,9	7,9	7,6

Таким образом, как морфологические, так и физиолого-биохимические параметры способны влиять на ход и направленность продукционного процесса, и как следствие, на урожайность определенного сорта.

Работа выполнена в рамках Комплексного Плана Научных Исследований «Развитие селекции и семеноводства картофеля».

Список литературы

1. Макаров А. М., Головки Т. К., Табаленкова Г. Н. Морфофизиология клубнеобразования. СПб.: Наука, 2001. 208 с.

УДК 581.6:634.1/7:574.3

Т. О. Сиротина

*Жезказганский ботанический сад
филиал Института ботаники и фитоинтродукции
Комитета лесного хозяйства и животного мира
Министерства экологии, геологии и природных ресурсов РК,
100600, Республика Казахстан, Карагандинская область,
г. Жезказган, пос. Аварийный,
tina-mir@mail.ru*

ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ГЛИНИСТОЙ ПУСТЫНИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Ключевые слова: устойчивость, размножение, плодовые растения, сорт, Центральный Казахстан.

Жезказганский регион Карагандинской области относится к зоне рискованного земледелия и находится в северо-западной части равнинной Центрально-Северотуранской подпровинции в подзоне северных пустынь, в крайне суровых для плодовых культур условиях юго-западной части Центрально-Казахстанского мелкосопочника [1]. В природном отношении регион имеет много общего с соседней пустыней Бетпак-Дала и характеризуется чрезвычайной сухостью климата, постоянными ветрами, ограниченными водными источниками, сочетая в себе все отрицательные стороны холодного климата Сибири и засушливого климата пустынь Средней Азии. Минимальная температура, отмеченная в Жезказгане за последние 10 лет – $-39,2^{\circ}\text{C}$, максимальная – 43°C .

В Жезказганском ботаническом саду (ЖБС) путем многолетней интродукции отечественных и зарубежных сортов создана коллекция экологически устойчивых сортов плодовых культур. Для сохранения коллекции и размножения лучших экземпляров эффективным методом является весенняя прививка (копулировка). Прививка является одним из широко используемых агротехнических приемов при возделывании и селекции древесных видовых и культивируемых растений. Вегетативный способ размножения ценных сортов дает возможность полностью передать признаки маточного растения.

Объектами исследования являлись 6 сортов яблони, 4 сорта груши и 1 сорт абрикоса. Исследование проводилось в текущем году по методикам Н.А. Рыбицкова, В.Ф. Орехова [2] и Р. Гарнера [3].

Приживаемость прививок зависит от сроков проведения прививок. Для успешного срастания компонентов прививки необходима умеренная дневная температура (до 25°C) в сочетании с высокой влажностью воздуха. Сроки проведения прививки в местных условиях – с третьей декады марта до третьей декады апреля включительно. Черенки для весенней прививки заготавливаются ранней весной до распускания почек. Следует отметить, что молодые побеги, выросшие из черенков, часто ломаются под воздействием сильных жезказганских ветров. Для предохранения молодых саженцев от поломок их укрепляют небольшими шинами из тонкой фанеры или дугами из проволоки.

Результаты показали, что среди изучаемых плодовых культур груша показала более высокую приживаемость (среднее 90%) – от 85 (сорт Петровская) до 100% (сорт Орловская

летняя). Приживаемость весенней прививки у яблони (среднее 86,9%) колебалась от 66,6 (сорт Рахат) до 100% (сорт Заилийское). Приживаемость сорта абрикоса Лучший Мичуринский составила 80%.

Между сортами груши сильной разницы не было. Существенная разница в приживаемости наблюдалась по сортам у яблони. Различия, в основном, связаны со степенью вызревания побегов. Как правило, приживаемость у дерева с тонкими однолетними приростами и слаборазвитыми почками резко уменьшается. Или же развивающиеся однолетние саженцы не достигают стандартных размеров. Так, наиболее низкая степень приживаемости была у сорта Рахат.

Таким образом, весенняя прививка в условиях Жезказганского региона обеспечивает высокую приживаемость (средняя по культурам 87,4%) по всем изучаемым плодовым культурам. Приживаемость прививок зависит от качества привоя, культуры, сорта, погодных условий во время срастания прививочных компонентов. Наилучшие результаты показали сорта яблони Заилийское, Ренет Бурхарда и сорт груши Орловская летняя.

Список литературы

1. *Акжигитова Н. И., Брекле З. В., Огарь Н. П. и др.* Ботаническая география Казахстана и Средней Азии (в пределах пустынной области). СПб.: Бостон Спектр, 2003.
2. *Рыбицкий Н. А., Орехов В. Ф.* Прививка плодовых деревьев (Практическое руководство). Ленинград: Лениндат, 1968.
3. *Гарнер Р.* Руководство по прививке плодовых. М.: Сельхозиздат, 1962.

УДК 581.14

А. С. Тугбаева¹, А. А. Ермошин¹, Д. С. Плотников¹,
Х. Вируянган², И. С. Киселева¹

¹Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина,
620000, Россия, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51,
anastasia.tugbaeva@urfu.ru

²Университет Внутренней Монголии,
300071, Китай, г. Хух-хото, ул. Вест колледж, 94

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РОСТА *ZINNIA ELEGANS* ПОСЛЕ Cu^{2+} -СТРЕССА

Ключевые слова: *Zinnia elegans*, ионы меди, анатомия, восстановление.

Стресс, вызванный ионами меди, изучен на многих растениях [1]. Показано, что при этом меняются не только физиологические, но и анатомо-морфологические признаки: увеличивается толщина коры, сосудов ксилемы в корне, что ограничивает транспорт этих ионов в побег [2]. При поступлении Cu^{2+} в надземные органы происходят изменения морфологии и анатомии стебля и листьев растений [1, 2].

Целью настоящей работы являлось изучение анатомо-морфологических особенностей тканей корня, гипокотыля и стебля после снятия действия избытка Cu^{2+} . Объект исследования – *Zinnia elegans* Jacq., модельное растение для изучения роста клеточных стенок.

Растения *Z. elegans* культивировали на субстрате из смеси перлита и вермикулита в соотношении 1:1 при температуре 25°C с фотопериодом 16 часов. Обработку Cu^{2+} проводили с момента появления всходов по 15 день путем внесения в среду Кнопа 50 и 100 μM CuSO_4 . Контроль – раствор Кнопа. Далее растения культивировали без добавления Cu^{2+} еще в течение 30 дней. Высоту гипокотыля и междоузлий измеряли на 15 и 45 день, анатомические параметры – на 45 день. Срезы осевых органов окрашивали солянокислым флороглюцином. Размеры клеток измеряли с использованием светового микроскопа Meiji MT 4300L («Meiji Techno», Япония) и ПО Simagis Mesoplant. Данные представлены в виде среднего значения и ошибки. Статистическую обработку проводили в ПО STATISTICA 10 с применением *t*-критерия Стьюдента при уровне $p < 0,05$ ($n=30$ для каждого параметра).

Замедление роста и уменьшение линейных размеров органов при стрессе – общая реакция растений, которая может быть связана с перераспределением ресурсов и энергии на борьбу со стрессом [1, 2]. В наших опытах высота 15-и дневных растений *Z. elegans* при действии Cu^{2+} (см. рисунок, А) также снижалась. После снятия действия стрессора рост возобновился, о чем свидетельствует увеличение линейных размеров гипокотыля и междоузлий *Z. elegans*. Мы предположили, что это связано с усилением растяжения клеток в латеральном направлении.

Длина клеток метаксилемы возрастала в корне, гипокотыле и междоузлиях, а клеток коры только в гипокотыле и междоузлиях после снятия действия стрессового фактора (таблица). Напротив, в корне длина клеток коры снизилась. Клетки коры корня являются барьером для радиального транспорта ионов меди в стелу, и ионы тяжелых металлов связываются с пектинами и лигнинами клеточных стенок, что снижает их эластичность [2].

Поэтому они не растягивались после снятия действия стрессора. Утолщение осевых органов положительно коррелировало с увеличением диаметра клеток коры и метаксилемы в корне и побеге (таблица).

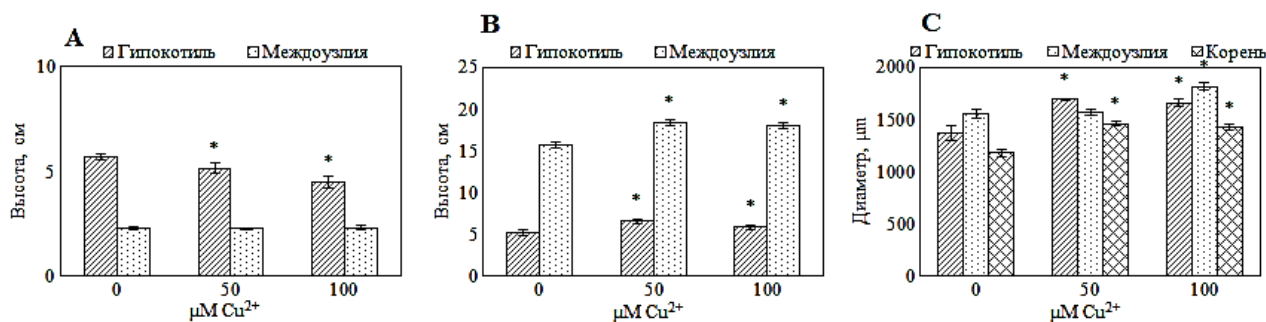


Рисунок. Размеры осевых органов *Z. elegans* в возрасте 15 (А) и 45 (В, С) дней

Таблица

Анатомические параметры клеток коры и метаксилемы *Z. elegans* в возрасте 45 дней

Вариант опыта Параметр		Вариант			
		0 $\mu\text{M Cu}^{2+}$	50 $\mu\text{M Cu}^{2+}$	100 $\mu\text{M Cu}^{2+}$	
Клетки коры	Диаметр на поперечном срезе, μm	корень	97.1 \pm 2.6	123.0 \pm 3.4*	133.5 \pm 4.1*
		гипокотиль	79.6 \pm 1.8	89.3 \pm 2.3*	88.9 \pm 1.8*
		междоузлие	35.6 \pm 0.7	41.8 \pm 0.9*	51.8 \pm 0.97*
	Длина на продольном срезе, μm	корень	111.8 \pm 5.3	89.3 \pm 2.3*	88.9 \pm 1.8*
		гипокотиль	115.9 \pm 2.7	138.9 \pm 3.1*	159.1 \pm 4.6*
		междоузлие	114.7 \pm 2.4	128.9 \pm 3.0*	122.5 \pm 2.2*
Сосуды метаксилемы	Диаметр на поперечном срезе, μm	корень	27.6 \pm 0.8	32.0 \pm 1.1*	31.6 \pm 1.4*
		гипокотиль	26.1 \pm 0.6	31.9 \pm 0.5*	35.9 \pm 0.6*
		междоузлие	26.0 \pm 0.5	29.4 \pm 0.2*	30.0 \pm 0.5*
	Длина на продольном срезе, μm	корень	196.5 \pm 3.8	197.4 \pm 4.3	229.8 \pm 6.7*
		гипокотиль	251.0 \pm 2.9	266.2 \pm 8.3	303.1 \pm 9.3*
		междоузлие	300.8 \pm 5.4	341.9 \pm 5.6*	326.2 \pm 9.2*

Растяжение клеток после снятия действия стрессора может быть вызвано восстановлением значений рН апопласта до физиологического уровня и ростом активности ферментов клеточных стенок [2]. Вероятно, схожие механизмы привели к индукции латерального и продольного роста *Z. elegans*.

Таким образом, влияние 50 и 100 $\mu\text{M Cu}^{2+}$ не являлось критичным, так как после снятия действия стрессора растения *Z. elegans* способны восстанавливать рост.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и ДНТ в рамках научного проекта № 19-516-45006 и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № 02.А03.21.0006).

Список литературы

1. Yruela I. // Brazilian Journal of Plant Physiology. 2005. Vol. 17. P. 145–156.
2. Holubek R., Deckert J., Zinicovscaia I. et al. // Plants (Basel). 2020. Vol. 9(6). P. 782.

УДК 631.46

Н. В. Фомина, И. Ю. Борцова

*ФГБОУ ВО Красноярский государственный аграрный университет,
660049, Россия, г. Красноярск, пр. Мира, 90,
natvalf@mail.ru*

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО МИКРОБОЦЕНОЗА ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ

Ключевые слова: чернозем, микроорганизмы, биомасса, обработка, гербициды, посевы, пшеница, ячмень.

Получение экологически безопасной сельскохозяйственной продукции в регионе и в России в целом главная задача на сегодняшний день. Обеспечить это возможно путем сохранения уровня почвенного плодородия и минимизации воздействия химических веществ в агроценозах. Роль микробоценоза нельзя уменьшить, особенно, в зонах рискованного земледелия. Поскольку влияние продуктов микробного метаболизма способствует изменению пестицидных комплексов и формированию доступных форм для растений тяжелых металлов, поступающих затем в сельскохозяйственную продукцию [1–3].

Объектом исследования являлся чернозем, выщелоченный тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В наших исследованиях также был определен качественный состав и учет численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов в околоризосферной зоне пшеницы сорта «Новосибирская – 31» и ячменя сорта «Ача». Из представленных данных видно (таблица), что во всех вариантах численно преобладали миксобактерии. В образцах почвы, отобранной из околоризосферной зоны пшеницы в варианте (через неделю после обработки гербицидами - июнь) численно преобладали бактерии, которые составляют – 76,5% от общей численности выросших на среде микроорганизмов, актиномицеты составляют 22,4% и наименьшими по численности были грибы, которые составили – 1,2%. В контрольном варианте численность бактерий была выше на 7,3%, а актиномицетов ниже на 6,7%. (таблица). Разница в численности грибов между контрольным и опытным вариантом была не достоверной. В образцах почвы, отобранной из околоризосферной зоны ячменя в варианте (июнь – через неделю после обработки гербицидами) отмечена та же тенденция, что и в варианте с пшеницей: преобладали численно бактерии, в контрольном варианте их численность на 13,1% выше, чем на опытном варианте и составила – 61,8% в контроле и 48,7% в опытном варианте. Численность актиномицетов в контрольном варианте была также ниже, чем в опытном на 13,6% и составила в контроле – 24,91%, в опыте – 38,5%. Численность грибов была высокой и составила – 15,4%. В июне в опытных образцах почвы, отобранных из околоризосферной зоны и ячменя, и пшеницы отмечено угнетение роста бактерий и стимуляция роста актиномицетов и грибов. Во всех опытных вариантах (июнь – через неделю после обработки гербицидами и июль – через полтора месяца после обработки гербицидами) в околоризосферной зоне пшеницы численно преобладали бактерии в опытных и контрольных вариантах. В околоризосферной зоне ячменя численность актиномицетов превышала данный показатель в околоризосферной зоне пшеницы. Численность грибов в опытном варианте в околоризосферной зоне пшеницы была выше в июле, в варианте (через полтора месяца после

обработки гербицидами), а в околоризосферной зоне ячменя численность грибов была в июне выше на 9%, чем под пшеницей в июле и на 13% выше, чем под пшеницей в июне.

Таблица

Влияние смеси гербицидов на численность аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов выщелоченного чернозема слой (0–20 см)

Агроценоз	Месяц отбора образцов	Вариант	Среда Гетчинсона, тыс. клеток на 1 г воздушно-сухой почвы		
			Среднее по повторностям, 10 ³		
			Бактерии	Актиномицеты	Грибы
Пшеница «Новосибирская – 31» по пару	VI	Контроль, без гербицидов	18,3 ± 0,13	5,37±0,04	0,29±0,02
		Опыт	12,66±0,11	5,33±0,21	0,33±0,01
	VII	Опыт	15,33±0,05	4,66±0,11	1,33±0,04
Ячмень «Ача» по пару	VI	Контроль, без гербицидов	12,4±0,36	5,67±0,09	2,0±0,01
		Опыт	7,33±0,12	6,0±0,05	2,66±0,01
	VII	Опыт	4,0±0,43	5,33±0,02	–

Из образцов почвы, отобранной из околоризосферной зоны ячменя в июле грибы на среде Гетчинсона – не обнаружены. В июне в околоризосферной зоне пшеницы обнаружены грибы родов *Fusarium* и *Penicillium*, в околоризосферной зоны ячменя обнаружены грибы родов *Penicillium* и *Cladosporium*. В июле грибы обнаружены только в околоризосферной зоне пшеницы, относящиеся к роду *Cladosporium*.

Таким образом, анализ качественного состава и учет численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов на агаризованной среде Гетчинсона показал, что на всех вариантах численно преобладали миксобактерии – 76,5%, доля актиномицетов составила – 22,4%, мицелиальных грибов – 1,2%. Численность миксобактерий в опытных образцах как под пшеницей, так и под ячменем (через неделю после обработки смесью гербицидов) была ниже, чем в контрольных на 13%. Снижение численности может служить показателем влияния действия гербицидов на данную физиологическую группу микроорганизмов. В качественном составе мицелиальных грибов выявлены представители родов *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, некоторые представители данных родов могут вызывать корневые гнили пшеницы и ячменя.

Список литературы

1. Берестецкий О. А. Актуальность и практическая значимость микробиологических исследований в решении проблем повышения плодородия почв. Ленинград: Тр. ВНИИСХМ., 1986. Т. 56. С. 5–3.
2. Полонская Д. Е. и др. Биоидикация почв агроэкосистем Красноярской лесостепи. В сб.: Актуальные проблемы биологии. Красноярск: КГУ, 1994. С. 10.
3. Фомина Н. В. Эколого-биохимическая характеристика почв рекреационных территорий. Монография. Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2015. 152 с.

УДК 574.24

Г. И. Ширяев, Г. Г. Борисова, М. Г. Малева, О. В. Воропаева

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
schiriaev.grisha@yandex.ru

ЭКСТРЕМАЛЬНОЕ ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКАЗЫВАЕТ ВЛИЯНИЕ НА СТРУКТУРУ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА *PHRAGMITES AUSTRALIS*

Ключевые слова: тростник обыкновенный, тяжелые металлы, мезоструктура, фотосинтетические пигменты, адаптация.

Техногенное загрязнение является актуальной проблемой для Уральского региона из-за активной деятельности горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Одной из наиболее загрязненных территорий на Урале, вследствие более чем вековой деятельности медеплавильного комбината АО «Карабашмедь» (КМК), является зона вокруг г. Карабаша. Значительные количества поллютантов, включая тяжелые металлы (ТМ), попадают в водотоки: реку Сак-Элга, ручьи Рыжий и Ольховка [1]. Важную роль в адаптации к техногенному загрязнению у растений играют структурные изменения параметров фотосинтетического аппарата, которые обеспечивают поддержание максимальной эффективности процесса фотосинтеза. Объектом исследования был *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (тростник обыкновенный) – многолетнее, космополитное, травянистое, прибрежно-водное растение. Для данного гелофита характерны значительная биомасса, быстрый рост и преимущественно вегетативное размножение [2]. Как и другие виды прибрежно-водных растений, он активно участвует в естественных процессах очистки поверхностных вод, в том числе от ТМ [3]

Целью данного исследования было изучение накопления тяжелых металлов у *P. australis* и адаптивных изменений структуры его фотосинтетического аппарата при экстремальном техногенном воздействии.

Пробы поверхностных вод, седиментов и растительный материал отбирали на территории Челябинской области в июле 2016–2018 г. Исследования проводили на пяти участках: участок 1 – оз. Иртяш, «условный фон»; участок 2 – руч. Ольховка, 5 км от КМК; участок 3 – р. Сак-Элга, 2,6 км ниже КМК; участок 4 – р. Сак-Элга, 5,6 км ниже КМК, после впадения руч. Рыжего; участок 5 – руч. Рыжий, 1,6 км от КМК. Содержание ТМ в воде, седиментах и растительном материале определяли при помощи атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой после мокрого озоления 70% HNO₃ (осч). В качестве показателя загрязнения использовали суммарный индекс токсической нагрузки (S_i) [4]: $S_i = (1/n)\sum(C_i/C_{фон})$, где C_i – концентрация металла в воде/седиментах загрязненного участка, $C_{фон}$ – концентрация металла в воде/седиментах фонового участка, n – число исследованных металлов. Коэффициент транслокации (КТ) рассчитывали, как отношение содержания металла в листьях к его содержанию в подземных органах (корневище и корни). Оценку структурных параметров листа проводили с использованием специализированной программы MesoPlant (ООО «СИАМС», Россия). Содержание фотосинтетических пигментов измеряли спектрофотометрически в 80% ацетоне при длинах волн 470, 624, 647 и 663 нм и рассчитывали согласно Lichtenthaler [5].

Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в седиментах определяли высевом на твердую питательную среду Луриа-Бертани (LB) и выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) на 1 г сухого веса.

Расчет Si по содержанию девяти ТМ (Cu, Ni, Zn, Mn, Pb, Cd, Hg, Co и Fe) показал значительное загрязнение среды на участках, располагающихся в непосредственной близости от КМК. Наибольшее техногенное воздействие испытывал участок 5, где Si для воды равнялся 706, а для седиментов – 34. Также происходило закисление поверхностных вод: величина pH снижалась от 6,9 на фоновом участке до 3,3 – на участке 5. Оценка КМАФАнМ в субстрате исследуемых участков показала, что оно варьировало от $0,5 \times 10^4$ до $1,8 \times 10^5$ КОЕ/г сухого веса. Содержание металлов в подземных и надземных органах *P. australis* на этих участках было существенно выше, чем на фоновом. Расчет КТ свидетельствует о том, что основная часть ТМ накапливается преимущественно в подземных органах гелофита, исключение составлял Mn. На загрязненных участках у тростника была выше толщина эпидермиса (до 25%). Благодаря этому происходило усиление его барьерной функции, играющей особую роль в условиях аэротехногенного загрязнения вследствие выбросов комбината. Отмечено изменение структуры мезофилла листа на импактных участках 2–4 в сравнении с фоном: количество клеток в единице площади увеличивалось в среднем на 43% при уменьшении их объема на 16%, а объема хлоропластов – на 33%. Снижение отношения объем/площадь поверхности клеток ассимилирующей ткани могло приводить к увеличению поглощения CO_2 в расчете на единицу их объема. Помимо этого, на участках 2–4 в листьях растений по сравнению с фоном увеличивалось содержание фотосинтетических пигментов: суммы хлорофиллов – в среднем в 1,6 раз, каротиноидов – в 1,8 раза. Однако на участке 5, отличающемся наиболее высоким значением Si , таких структурных перестроек не наблюдалось. Более того, отмечено достоверное снижение содержания пигментов по сравнению с другими участками.

Таким образом, у растений *P. australis*, произрастающих в зоне деятельности медеплавильного комбината, происходили компенсаторно-приспособительные изменения на мезоструктурном уровне, направленные на поддержание активности фотосинтетической функции, которые зависели от степени техногенной нагрузки. Преимущественное накопление тяжелых металлов в подземных органах, а также способность данного гелофита адаптироваться к условиям экстремального загрязнения делают его перспективным для использования в таких фиторемедиационных технологиях, как фитостабилизация и ризофилтрация.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и ДНТ (проект № 19-516-45006) и Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение № 02.А03.21.0006).

Список литературы

1. Тацый Ю. Г. // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2012. № 12. С. 90–96.
2. Engloner A. I. // Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants. 2009. Vol. 204(5). P. 331–346.
3. Kumari M., Tripathi B. D. // International Journal of Environmental Science and Technology. 2015. Vol. 12(3). P. 1029–1038.
4. Bezel V. S., Zhuikova T. V., Pozolotina V. N. // Russian Journal of Ecology. 1998. Vol. 29(5). P. 331–337.
5. Lichtenthaler H. K. // Methods in Enzymology. 1987. Vol. 148. P. 350–382.

УДК 58.01

В. В. Коврижных

Федеральный исследовательский центр
Институт цитологии и генетики СО РАН,
630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 10,
vasilinakovr@gmail.com

КОНЦЕНТРАЦИОННО-ЗАВИСИМЫЕ ЭФФЕКТЫ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА МЕРИСТЕМУ КОРНЯ *ARABIDOPSIS THALIANA*

Ключевые слова: *Arabidopsis thaliana*, салициловая кислота, ауксин, меристема корня.

Одним из гормонов стресса у растений является салициловая кислота (СК), которая регулирует ответную реакцию на целый спектр биотических и абиотических факторов [1]. Досконально изучена способность СК индуцировать развитие устойчивости к патогенам через активацию PR1-зависимого сигнального пути [2, 3]. Стоит отметить что, в большинстве исследований обычно изучают эффекты СК, связанные с экзогенным применением высоких концентраций этого гормона (> 250 мкМоль) в вопросах развития устойчивости на стрессы. И намного меньше мы знаем о том как СК участвует в регуляции процессов роста и развития. Хотя показано, например, что ее экзогенное применение ингибирует роста главного корня [4].

В нашей последней работе мы показали, что обработка проростков *Arabidopsis thaliana* СК в низкой и высокой концентрации (30 мкМоль и 150 мкМоль, соответственно) по-разному влияет на морфологию и анатомию корня [5]. Мы наблюдали увеличение дистальной меристемы в ширину после 5-дневной обработки 30 мкМоль СК и детальный анализ поперечных срезов конфокальных изображений показал наличие дополнительного слоя кортекса в данных корнях. Тогда как обработка 150 мкМоль вызвала укрупнение клеток меристемы и отсутствие крахмальных гранул в колумелле. Применив экспериментальные и компьютерные подходы мы выяснили, что наблюдаемые фенотипические различия в действии низкой и высокой концентрации СК обусловлены изменениями в распределении ауксина в меристеме корня. Так, обработка 30 мкМоль СК приводит к двукратному увеличению интенсивности свечения репортерной конструкции DR5:GFP (сенсор ауксина), а 150 мкМоль СК вызывает четырехкратное уменьшение интенсивности свечения DR5:GFP. Изменения в распределении ауксина в свою очередь вызваны регуляцией СК экспрессии PIN1, PIN2 и PIN7 транспортеров ауксина и фермента биосинтеза ауксина TAA1. При этом действие СК на экспрессию PIN1 было концентрационно-зависимым, т.е. обработка низкой концентрацией СК повышала интенсивность свечения изучаемого белка, в то время как действие высокой концентрации СК было противоположным. Важно отметить, что наблюдаемые эффекты СК в меристеме корня происходят через PR1-независимый сигнальный путь.

Список литературы

1. Miura K., Tada Y. // *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. 4.
2. Mur L. A. J. et al. // *Plant Physiology*. 2006. Vol. 140(1). P. 249–262.
3. Fu Z. Q., Dong X. // *Annual Review of Plant Biology*. 2013. Vol. 64. P. 839–863.
4. Zhao X. et al. // *New Phytologist*. 2015. Vol. 207(1). P. 211–224.
5. Pasternak T. et al. // *Plant Physiology*. 2019. Vol. 180(3). P. 1725–1739.

Секция
«Селекция, семеноводство
и сортовыведение»

УДК 631.811.982:577.175.149

Е. С. Аврамова^{1,2}, В. А. Бессонова^{1,2}, О. Е. Черепанова²

¹Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина,
620078, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 28,
²Ботанический сад Уральского отделения РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
moon.lena96@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* *HEDYSARUM GMELINII* LEDEB.

Ключевые слова: 6-бензиламинопурин (БАП), гетероауксин (ИУК), среда Мурасиге-Скуга, *Hedysarum gmelinii*, введение в культуру.

Род *Hedysarum* включает более 150 видов, широко распространенных на территории Евразии [1]. Одним из его представителей является *H. gmelinii* – травянистый многолетник, произрастающий на карбонатных почвах степей. Различные экстракты надземных и подземных частей растения содержат широкий спектр биологически активных соединений (флавоноиды, тритерпеноиды, кумарины, лигнаны, алколоиды, аминокислоты, стеролы, высшие жирные кислоты, полисахариды, дубильные вещества) [2]. Среди основных терапевтических свойств можно выделить антиоксидантные, противоопухолевые, антидиабетические, а также участие в регуляции процессов иммунной системы [3,4]. Численность популяций *H. gmelinii* сокращается из-за ведения активной хозяйственной деятельности (выпас скота, распашка земель). Обладая высоким фармакологическим потенциалом и являясь прекрасным кормовым растением, *H. gmelinii* нуждается в разработке охранных мероприятий ввиду избирательности к условиям своего произрастания. Таким образом, целью работы заключалась в подборе оптимального состава питательной среды для введения в культуру *in vitro* *H. gmelinii*.

Стерильные семена в количестве 100 штук и трехкратной повторности высевались на питательную среду Мурасиге-Скуга: 30 гр сахарозы, 8 гр агар-агара с добавлением БАП и ИУК в 4 вариантах концентраций (таблица). Материал проращивали в контролируемых условиях при температуре 20°C и 16-ти часовом световом дне.

На всхожесть семян в условиях *in vitro* влияет множество факторов (от качества питательной среды и частоты пересевания до условий экспозиции). В ходе проведения эксперимента по получению жизнеспособных сеянцев *H. gmelinii* в условиях *in vitro* выявили, что вне зависимости от концентрации гормонов, семена активно начали прорасти к 15 дню.

Далее мы провели пересадку наиболее перспективных и жизнеспособных проростков на свежую питательную среду, на которой еще через 13 суток были сформированы молодые растения с хорошо развитой вегетативной частью. Корневая система запаздывала в росте. Вероятно, для успешного развития корневой системы у молодых растений в условиях *in vitro* необходима соответствующая дополнительная гормональная стимуляция.

Многочисленные новые вегетативные почки появлялись и на поверхности слабо окрашенных каллусов. При последующих делениях рост каллуса и образование почек не замедлялись, то есть развитие происходило не волнообразно, что указывает на оптимально подобранную концентрацию гормонов. Способность к ускоренной дифференциации клеток

каллуса возможно использовать на этапах увеличения общей массы культуры. Необходимо отметить, что уровень гормонов не значительно отражается на всхожести и последующем росте сеянцев. Возможно получить культуру из семян *H. gmelinii* и без гормональной стимуляции.

Таблица

Варианты концентраций гормонов

<i>Гормоны (варианты)</i>	<i>6-Бензиламинопурин (БАП), мг</i>	<i>Гетероауксин (ИУК), мг</i>
1	-	-
2	1,0	0,1
3	0,1	1,0
4	1,0	1,0

Таким образом, предложенный нами состав среды можно считать подходящим для проращивания семян *H. gmelinii*. Получение сеянцев копеечника с хорошо развитой корневой системой требует дальнейшего изучения.

Работа выполнена в ходе реализации государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

Список литературы

1. *Попова И. А., Плаксина Т. И., Куркин В. А. и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1(9). С. 2179–2281.*
2. *Dong Y., Tang D., Zhang N. et al. // Chemistry Central Journal. 2013. Vol. 7(124). P. 1–13.*
3. *Liu Y., Zhang J., Wen R. et al. // Journal of Asian Natural Products Research. 2018. Vol. 20(11). P. 1009–1018.*
4. *Hu F., Li X., Zhao L. et al. // Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. 2010. Vol. 88(1). P. 64–72.*

УДК 633.11:631.524.85:57.087.1

П. М. Богдан, И. В. Коновалова, А. Г. Клыков

*Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный центр
агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки»,
692539, Россия, г. Уссурийск, п. Тимирязевский, ул. Воложенина 30,
polina_bogdan84@mail.ru*

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ МЯГКОЙ И ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Ключевые слова: сорт, пшеница, параметры адаптивности, селекция.

Почвенно-климатические условия Приморского края характеризуются сильным варьированием абиотических факторов среды, что обуславливает постоянный поиск исходного материала для создания новых сортов, способных противостоять воздействию внешних стрессоров в сочетании с комплексом хозяйственно ценных признаков [1]. Использование различных методик расчета параметров адаптивности позволяет проанализировать реакцию генотипа на внешние условия и его стабильность в определённом диапазоне средовых ситуаций. По полученным параметрам можно судить о результативности и направленности селекционного процесса в Приморском крае [2].

Работа выполнена в лаборатории селекции зерновых и крупяных культур ФГБНУ «ФНЦ агробиотехнологии Дальнего Востока им. А.К. Чайки» в 2015–2018 гг. Урожайные данные статистически обработаны по методике Б.А. Доспехова [3]. Пластичность (b_i) и стабильность ($S^2 d_i$) оценивали по методике S.A. Eberhart и W.A. Russell в изложении В.А. Зыкина [2]. Стрессоустойчивость сортов ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и генетическую гибкость ($(Y_{\max} + Y_{\min})/2$) – по А.А. Rossell, J. Hamblin [4] в изложении А.А. Гончаренко [5]. Гомеостатичность (Hom) и селекционная ценность сортов (Sc) по методике В.В. Хангильдина [6].

В результате проведенных исследований отмечено, что средняя урожайность сортов в экологическом испытании изменялась от 2,2 до 3,5 т/га, коэффициент вариации 17,2–48,9%. В сравнении со стандартом Приморская 39 (3,0 т/га) прибавку имели сорта яровой мягкой пшеницы Арюна – 3,5 т/га, Toronit – 3,4 т/га, Feng Qlang 7 – 3,4 т/га, Афина – 3,4 т/га.

Варьирование коэффициента регрессии (b_i) урожайности у изучаемых сортов зафиксировано в пределах 0,25–1,32. По данному показателю сорта пшеницы разделены на три группы: I группа ($b_i > 1$). Сорта, обладающие большей отзывчивостью на изменения условий выращивания: Амурская 1495 ($b_i = 1,48$), Курьер ($b_i = 1,44$), Арюна ($b_i = 1,56$), Toronit ($b_i = 1,19$), Ken Hong 14 ($b_i = 1,20$), Афина ($b_i = 1,04$), Анка ($b_i = 1,32$), Ласточка ($b_i = 1,09$), Паллада ($b_i = 1,15$), Николаша ($b_i = 1,02$); II группа ($b_i < 1$). Сорта, реагирующие слабее на изменение условий среды: Приморская 40 ($b_i = 0,96$), Хабаровчанка ($b_i = 0,26$), Елизавета ($b_i = 0,93$), Sella ($b_i = 0,81$), Feng Qlang 7 ($b_i = 0,67$), Feng Qlang 11 ($b_i = 0,87$), Людмила ($b_i = 0,56$), Донская элегия ($b_i = 0,96$); III группа ($b_i = 1$). Сорта, имеющие полное соответствие изменения урожайности изменению условий выращивания: Приморская 39, Лира 98.

Считается, что наиболее ценными являются те сорта, у которых коэффициент регрессии $b_i > 1$, а дисперсия ($S^2 d_i$) стремится к нулю, т.е. сорта, хорошо отзывающиеся на

изменение условия выращивания, и одновременно имеют стабильные показатели продуктивности [4]. Из всех изучаемых в экологическом испытании сортов данным параметрам соответствовал сорт Афина ($b_i = 1,04$, $S^2d_i = 0,09$). Высокую стабильность ($S^2d_i = 0,04$) урожайности и стрессоустойчивость ($Y_{\min}-Y_{\max}$) проявил сорт Хабаровчанка, у которого снижение урожайности по сравнению с благоприятным 2015 г., составило всего 0,7 т/га.

Показатель генетическая гибкость $(Y_{\max}+Y_{\min})/2$, отражает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях [5]. Максимальное соотношение между генотипом и факторами среды отмечено у сортов Амурская 1495 (3,6), Курьер (3,7), Ken Hong 14 (3,6), Афина (3,7) и Анка (3,6). Наибольшее значение гомеостатичности отмечено у сорта Хабаровчанка – 19,7, что проявляется его высокой стабильностью и средним значением коэффициента вариации урожайности. Считается, что высокие показатели селекционной ценности имеют в основном сорта с высоким средним значением признака и высокой стабильностью. Высокая селекционная ценность отмечена у сорта Feng Qlang 7 (2,01), у которого прибавка урожайности в сравнении со стандартным сортом Приморская 39 составила 0,5 т/га и коэффициента вариации 20,2%.

В результате проведенного анализа различных математических методов оценки экологической пластичности рекомендуется исходный материал для получения более полной и объективной характеристики адаптивных свойств оценивать несколькими статистическими показателями: коэффициентом регрессии (b_i), дисперсией стабильности (S^2d_i), стрессоустойчивость ($Y_{\min}-Y_{\max}$), генетической гибкостью ($(Y_{\max}+Y_{\min})/2$), гомеостатичностью (Hom), селекционной ценностью (Sc), а адаптивность сорта рассматривать с позиции пластичности, стабильности и гомеостатичности. По результатам проведенных исследований выделены образцы, которые могут быть использованы в качестве родительских форм для селекции на адаптивность: пластичные сорта мягкой и твердой пшеницы: Амурская 1495, Курьер, Арюна, Toronit, Ken Hong 14, Афина, Анка, Ласточка, Паллада, Николаша; стабильный, устойчивый к стрессу сорт яровой пшеницы Хабаровчанка; с высокой селекционной ценностью сорт яровой пшеницы Feng Qlang 7.

Список литературы

1. Klykov A. G., Moiseenko L. M., Murugova G. A. et al. // Bulletin. Russian Academy of Agricultural Sciences. 2014. Vol. 3. P. 43–45. [in Russian]
2. Zykin V. A., Belan I. A., Yusov V. S., Korneva, S. P. Methods of calculation of ecological plasticity of agricultural plants. Omsk, 2008. 35 p. [in Russian]
3. Dospehov B. A. Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). Moscow, 2014. 351 p. [in Russian]
4. Rossielle A. A., Hamblin J. // Crop Science. 1981. Vol. 6. P. 12–23.
5. Goncharenko A. A. // Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2005. № 6. P. 49–53. [in Russian]
6. Hangildin V. V., Shayakhmetov I. F., Mardamshin A. G. Homeostasis of grain yield components and prerequisites for the development of a model of spring wheat variety. Genetic analysis of quantitative traits of plants. Ufa, 1979. P. 5–39. [in Russian]

УДК 633.854.78:631.527

С. В. Гончаров, А. Р. Базис, П. А. Орлова,
Э. В. Зеленская, Б. В. Палиев

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина,
350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
serggontchar@hotmail.com

СЕЛЕКЦИЯ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАРАЗИХЕ

Ключевые слова: подсолнечник, устойчивость, зарази́ха, селекция, оценка.

В нашей стране подсолнечник является основной масличной культурой. Среди многочисленных патогенов, поражающих эту культуру, особое место занимает зарази́ха подсолнечная (*Orobanche cumana* Wallr.) – высшее цветковое растение-паразит, поражающее корни подсолнечника [1]. Питаясь за счет растения-хозяина, зарази́ха приводит к гибели подсолнечника или к существенному недобору его урожая [1, 2]. Основными методами борьбы с зарази́хой являются агрономический (соблюдение севооборотов таким образом, чтобы подсолнечник не высевался на том же месте ранее, чем через 6-8 лет), селекционный (создание и возделывание генетически устойчивых к распространенным в данном регионе расам паразита сортов и гибридов подсолнечника) и химический (использование гербицидов на посевах устойчивых к ним гибридах подсолнечника) [1, 3].

В процессе селекции подсолнечника на устойчивость к зарази́хе главную проблему представляет ее способность эволюционировать и формировать новые расы, преодолевающие существующую устойчивость. Поэтому необходимо постоянно вести поиск новых генов устойчивости и внедрять их в селекционные линии – родительские формы гибридов подсолнечника [3, 4]. Целью работы было совершенствование методики оценки устойчивости подсолнечника к зарази́хе и поиск устойчивых форм для дальнейшей селекции.

Материалом служили самоопыленные линии подсолнечника и исходный материал для селекции (расщепляющиеся гибридные комбинации), которые существенно отличались по степени устойчивости к новым расам зарази́хи. Опыт был заложен на вегетационной площадке Кубанского ГАУ в лизиметрах. Перед посевом в почву вносили семена зарази́хи, собранные на устойчивых к расам А-Е гибридах подсолнечника. Зафиксированная в опыте степень поражения наряду с полученной ранее полевой оценкой на естественном фоне служила эталонной оценкой каждого образца для дальнейшей работы. В осенне-зимний период проводили оценку устойчивости в камерах центра искусственного климата КубГАУ и лабораторных условиях, используя чашки Петри и рулоны фильтровальной бумаги.

В лизиметрах и в камерах искусственного климата максимальная степень поражения восприимчивых образцов достигала 20–30 и более цветоносов зарази́хи на одно растение подсолнечника. На корнях устойчивого материала независимо от способа оценки зарази́хи не было.

Поражение расщепляющихся популяций исходного материала сильно варьировало – от 0 до 5–10 цветоносов зарази́хи на одно растение, что позволило выделить устойчивые формы для самоопыления. Оценка в лизиметрах (табл. 1) по сравнению с полевым методом позволяет избежать риска заражения семенами зарази́хи окружающих полей, и снизить финансовые затраты по сравнению с тепличным методом (табл. 2).

Таблица 1

Оценка устойчивости к зарази́хе образцов подсолнечника в лизиметрах (2019 г.)

	Всего растений, шт.	Из них пораженных, шт.	Встречаемость зарази́хи, %	Степень поражения, шт. побегов зарази́хи/1 пораженное растение
ВК 789 (ст.)	14	3	21,4	1,7
ВК 934 Б	11	5	45,5	3,0
Л-2018-1-1	10	0	0	0
Л-2018-1-2	11	0	0	0
Л-2018-1А х ВК 920	33	23	69,7	2,2
Л-2018-1А х ВК 930	14	3	21,4	1,0
Популяция 1	20	20	100,0	15,3

Таблица 2

Оценка устойчивости к зарази́хе образцов подсолнечника в ЦИК КубГАУ (2020 г.)

	Всего растений, шт.	Из них пораженных, шт.	Встречаемость зарази́хи, %	Степень поражения, шт. побегов зарази́хи/1 пораженное растение
ВК 789 (ст.)	4	3	75,0	3,0
ВК 934 Б	4	4	100,0	4,5
Л-2018-1-1	6	0	0	0
Л-2018-1-2	5	0	0	0
Л-2018-1А х ВК 920	6	3	50,0	3,2
Л-2018-1А х ВК 930	6	1	16,7	1,5
Популяция 1	4	4	100,0	8,1

Показана высокая степень соответствия оценок, полученных разными способами, что позволит проводить скрининг большого количества образцов подсолнечника.

Список литературы

1. *Kaya Y., Jovic S., Miladinovic D.* Sunflower. Technological Innovations in Major World Oil Crops. Vol. 1. / Ed. by S. K. Gupta. Springer, 2012. P. 85–129.
2. *Gontcharov S. V., Antonova T. S., Araslanova N. M.* // *Helia*. 2004. Vol. 27(40). P. 193–198.
3. *Gontcharov S. V.* // *Helia*. 2009. Vol. 32(51). P. 75–80.
4. *Seiler G. J., Jan C. C.* // *Helia*. 2014. Vol. 37(61). P. 129–139.
5. *Vear F.* Breeding for durable resistance to the main diseases of sunflower // Proc. 17th Int. Sunflower Conf. USA, Fargo, 2004. P. 125–130.

УДК 581.1

Н. М. Казнина¹, Ю. В. Батова¹, А. А. Игнатенко¹,
О. А. Орловская², Н. И. Дубовец²

¹Институт биологии – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук», 185910, Россия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, 11, kaznina@krc.karelia.ru,

²Государственное научное учреждение «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси», 220072, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 27

ВЛИЯНИЕ ДЕФИЦИТА ЦИНКА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ГИБРИДНЫХ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ С РАЗНЫМ АЛЛЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЕМ ГЕНА *GPS-B1*

Ключевые слова: недостаток цинка в субстрате, рост, развитие, *Triticum aestivum* L., *GPS-B1*.

Проблема недостаточной обеспеченности растений микроэлементами является в настоящее время чрезвычайно актуальной. Это связано с тем, что довольно большие территории, занятые под сельскохозяйственные культуры, имеют почвы с низким содержанием микроэлементов или характеризуются низкой их доступностью. Среди микроэлементов одним из наиболее важных для метаболизма растений является цинк. Доказано, что его недостаток в почве отрицательно влияет на жизнедеятельность растений и их продуктивность, а также приводит к уменьшению количества цинка в зерне, ухудшая его качество. Обычно дефицит микроэлемента восполняют внесением высоких доз цинксодержащих минеральных удобрений. Однако при этом возрастает риск загрязнения окружающей среды этим металлом и значительно увеличивается его содержание в продукции. Вследствие этого активно ведется поиск других путей увеличения содержания цинка в растении, а также повышения устойчивости растений к его дефициту. Одним из перспективных в этом плане путей может оказаться метод отдаленной гибридизации. Например, было обнаружено, что дикорастущая пшеница *Triticum dicoccoides* имеет функциональный аллель гена *Gpc-B1*, который влияет на количество белка в зерне, а также на содержание в нем ряда микроэлементов, в том числе цинка. Созданные в настоящее время рекомбинантные линии мягкой пшеницы с функциональным аллелем этого гена, как оказалось, накапливают большее количество цинка в зерне по сравнению с линиями, у которых аллель гена не функционален. Однако данных о том, влияет ли наличие функционального аллеля на физиологические процессы у растений, в том числе непосредственно участвующие в формировании продуктивности, в условиях дефицита цинка, практически нет. Исходя из этого задачей настоящего исследования явилось изучение влияния дефицита цинка на рост и развитие растений гибридных линий *Triticum aestivum*, различающихся аллельным состоянием гена *GPS-B1*.

Объектом исследования служили две линии мягкой пшеницы, выделенные в потомстве от скрещивания сорта Фестивальная с *T. dicoccoides*: линия 15-7-1 с функциональным аллелем гена *GPS-B1* и линия 15-7-2, имеющая нефункциональный аллель. Опыты проводили в вегетационных условиях. Полив растений осуществляли питательным раствором Хогланда–

Арнона с добавлением микроэлементов, в том числе цинка в оптимальной концентрации (контроль). В опытном варианте цинк в питательный раствор не добавляли. О влиянии дефицита цинка на растения судили по ряду показателей роста и развития, которые определяли на 15-е и 30-е сут после посева.

Результаты исследований показали, что на протяжении всего опыта дефицит цинка не оказывал влияния на рост побега у растений обеих линий (таблица). Не было обнаружено и значимых различий между контрольными и опытными растениями в размерах листовой пластинки 1-го и 2-го листа, определяемых спустя 15 сут после посева. Однако при более длительной экспозиции в условиях дефицита цинка (30 сут) у растений заметно уменьшалась площадь 5-го листа, причем у линии 15-7-2 в гораздо большей степени, чем у линии 15-7-1.

Таблица

Влияние дефицита цинка на ростовые показатели растений *Triticum aestivum*

Показатель	Линия 15-7-1		Линия 15-7-2	
	контроль	опыт	контроль	опыт
через 15 сут				
Высота побега, см	19,81±0,96	20,66±1,05	18,14±0,53	20,38±0,59
Площадь 1-го листа, см ²	3,39±0,21	3,70±0,22	3,28±0,09	3,84±0,15
Площадь 2-го листа, см ²	5,48±0,42	5,37±0,36	4,50±0,25	4,78±0,25
через 30 сут				
Высота побега, см	48,32±1,10	48,50±1,14	44,88±0,90	46,76±0,92
Площадь 4-го листа, см ²	19,48±1,14	17,52±0,86	16,88±0,58	15,40±0,64
Площадь 5-го листа, см ²	18,08±1,00	11,93±2,06*	13,16±1,58	5,71±1,90*

* различия с контролем достоверны при $p < 0,05$.

Помимо этого, нами выявлено отрицательное влияние дефицита цинка на развитие пшеницы. Так, спустя 15 сут в контрольных вариантах у 90% и 72% растений линий 15-7-1 и 15-7-2, соответственно, отмечалась фаза начала 3-го листа, остальные растения находились в фазе проростков. При дефиците цинка у 68% растений линии 15-7-1 наблюдалось появление 3-го листа, тогда как у линии 15-7-2 их оказалось лишь 8%, большинство же проростков не достигло указанной фазы развития. Спустя 30 сут отставание в развитии опытных растений от контрольных сохранялось. В частности, если у контрольных растений обеих линий наблюдалось появление 6-го листа, то в опытном варианте у линии 15-7-1 только 60% растений достигли этой фазы развития, а у линии 15-7-2 – лишь 30%.

В целом, результаты исследования показали, что дефицит цинка, действующий по крайней мере в течение 30 сут, не вызывает торможения роста побега у растений гибридных линий *Triticum aestivum*, различающихся по аллельному составу гена *Gpc-B1*. Вместе с тем в этих условиях уменьшаются размеры самого молодого листа и несколько задерживается развитие растений, что, вероятно, в дальнейшем может отразиться на их продуктивности. Отрицательное воздействие дефицита цинка на изученные показатели растений гибридной линии 15-7-1, имеющих функциональный аллель гена *Gpc-B1*, оказалось менее выраженным, чем линии 15-7-2 с нефункциональным аллелем этого гена.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант Бел_а № 20-516-00016) и БРФФИ (грант № Б20Р-240) и средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (0218-2019-0074).

УДК 635.925

Г. З. Нашенова, Ж. Б. Нашенов

*Жезказганский ботанический сад
филиал Института ботаники и фитоинтродукции
Комитета лесного хозяйства и животного мира
Министерства экологии, геологии и природных ресурсов РК,
100600, Республика Казахстан, Карагандинская область,
г. Жезказган, пос. Аварийный,
zhezbotany@mail.ru*

ОЦЕНКА СОРТОВ *TAGETES PATULA* L. В УСЛОВИЯХ АРИДНОГО КЛИМАТА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Ключевые слова: сорт, пластичность, устойчивость, декоративность, оценка, размножение, Центральный Казахстан.

Жезказганский регион характеризуется чрезвычайной сухостью климата, постоянными ветрами, ограниченными водными источниками.

Цветочно-декоративные растения для города Жезказган и его регионов, служат улучшению комфортных условий труда и быта, к тому же, это отличные санитары, они снижают силу шума, покрывают пылящую поверхность почвы, улавливают пыль, обогащают воздух кислородом и фитонцидами.

В Жезказганском ботаническом саду (ЖБС) в течение многих лет испытываются и выращиваются сорта летних цветочно-декоративных растений (бархатцы, циннии, петунья, и др.) с целью их интродукционной оценки, последующей рекомендации и внедрения их в озеленение города и региона. По многолетним данным, наиболее устойчивыми, неприхотливыми и высоко декоративными сортами летников являются: *Tagetes* отклоненный (*patula* L.) – «Красная брокада», «Вишневый браслет», «Лимонная капля», «Оранж», и др. (таблица). Оценка сортов проведена согласно методике Госсортоиспытания и Былова В.Н. Максимальный балл при оценке – 5 баллов [1, 2].

Сроки посева сортов в парник – ранне-весенние (в зависимости от погодных условий, но, до первой декады апреля), всходы появляются на 5–7 день. Появление первого настоящего листа – через 5–6 дней после семядольных листьев. С возрастанием температуры воздуха идет активный рост рассады. Высадка рассады бархатцев в открытый грунт начинается с установлением положительных температур, начало второй декады мая. Высота рассады к этому времени составляет 10–12 см., фаза – начало бутонизации. Максимальная фаза цветения приходится на третью декаду июня. Цветение длится до заморозков (3 декада сентября – 1–2 дек. октября).

Все сорта в условиях северной пустыни показали высокую декоративность и продуктивность (количество цветков на растении), за исключением сорта «Золотой великан», который может быть рекомендован для частного садоводства.

Таким образом, оценка данных сортов в течение ряда лет, в условиях аридного климата дает основание рекомендовать все сорта, за исключением сорта «Золотой великан» для промышленного озеленения в условиях северной пустыни.

Таблица

Характеристика сортов *Tagetes patula* L. в условиях северной пустыни ЖБС

Сорт, вид	Высота растения, см	Кол-во цветков на 1 растении, шт	Диаметр цветка, см	Махровость цветка	Диаметр куста (см) описание	Декоративность, балл
<i>Tagetes</i> с. Красная брокада	40–45	Более 200	4,0–4,5	Густо махровый	50–60, куст компактный аккуратный	5
<i>Tagetes</i> с. Вишневый браслет	60–65	Более 200	4,0–4,5	Густо махровый	60–70, куст раскидистый разваливающийся	4
<i>Tagetes</i> с. Кармен	35–38	170–180	3,5–4,0	Густо махровый	40–50, куст компактный, аккуратный	5
<i>Tagetes</i> с. Лимонная капля	35–37	150–160	4,0–4,5	Густо махровый	40–45, куст компактный, аккуратный	5
<i>Tagetes</i> с. Оранжевый	30–35	110–130	4,0–4,3	Густо махровый	40–60, куст очень аккуратный, компактный	5
<i>Tagetes</i> с. Золотой великан	90–110	55–60	5,0–6,5	Рыхлый, слабо махровый	80–100, куст высокий, очень раскидистый	2

Список литературы

1. Былов В. Н. Основы сравнительной сортооценки декоративных растений. Интродукция и селекция цветочно-декоративных растений. М., 1978. С. 7–32.
2. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / Под ред. В. Н. Былова. Вып. 6. Декоративные культуры. М.: Колос, 1968.

УДК 635:646:63.527:575

Г. З. Нашенова, Ж. Б. Нашенов

*Жезказганский ботанический сад
филиал Института ботаники и фитоинтродукции
Комитета лесного хозяйства и животного мира
Министерства экологии, геологии и природных ресурсов РК,
100600, Республика Казахстан, Карагандинская область,
г. Жезказган, пос. Аварийный,
Zh_nashenov@mail.ru*

МОБИЛИЗАЦИЯ СЕМЯН МЕСТНОЙ ФЛОРЫ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Ключевые слова: семена, вид, сбор, банк семян, сохранение, Центральный Казахстан.

Изучение, сохранение, сбор и использование источников зародышевой плазмы растений в большинстве стран мира рассматривается как единая национальная задача и служит основой успеха в развитии устойчивого сельскохозяйственного производства, фармацевтической индустрии и оздоровлении среды обитания человека [1].

В этой связи, в течение ряда лет, Жезказганский ботанический сад ведет работу по инвентаризации ценопопуляций, изучению и сбору семенного и гербарного материала флоры центрального Казахстана, как ценной гермоплазмы исходного материала для селекции. В период с 2018 по 2020 годы сотрудниками ЖБС для пополнения генетического банка семян мобилизован семенной и гербарный материал собранный на территории Шетского, Улытауского, Актогайского и Бухар -Жырауского районов.

Всего заложено в гербарий 480 образцов растений. В том числе по административным районам: Улытауский – 258; Бухар Жырау – 151; Шетский – 40; Актогайский – 31. Гербарную коллекцию дополнили редкие виды: тюльпан двуцветковый (*Tulipa biflora* Pall., Liliaceae) и 6 эндемиков: кермек золотистый (*Limonium chrysocomum* (Kar.et Kir.) O. kuntze, Limoniaceae), гусиный лук илийский (*Gagea iliensis* M. Pop., Liliaceae), прангос Ледебурра (*Prangos ledebourii* Herrnst. et Neun, Apiaceae), кузиния лопуховая (*Cousinia arctioides* Schrenk, Asteraceae), рамматофиллум кустарниковый (*Rhammatophyllum frutex* Botsch. et Vved., Brassicaceae), астрагал многорогой (*Astragalus polyceras* Kar. et Kir., Fabaceae). В электронной версии гербария наиболее многочисленно представлены декоративные виды (216), затем, кормовые (173), лекарственные (77) и медоносные (72). 40 видов являются эндемиками, а 11 внесены в Красную книгу Казахстана [2].

Собраны семена 78 видов растений, из которых 60% составляют декоративные виды, 20% лекарственные, 10% кормовые, и 10% особо ценные – редкие и эндемичные виды растений (таблица).

Таким образом, за три последних года мобилизован гербарный материал 480 видов растений и семенной материал 78 видов растений. Особый интерес представляют виды высоко засухоустойчивых кормовых растений, как ценной гермоплазмы исходного материала для сохранения в коллекциях, интродукции, селекции, а также виды, занесенные в Красную книгу.

Таблица

Мобилизованный семенной материал редких исчезающих видов растений

№	Вид	Статус вида
1	<i>Tulipa patens</i> Agardh ex Schult. et Schult. fil. – Тюльпан поникающий	К
2	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Schult. et Schult. fil. – Тюльпан Биберштейновский	КК
3	<i>Tulipa biflora</i> Pall. – Тюльпан двуцветковый	КК
4	<i>Tanacetum ulutavicum</i> Tzvel. – Пижма улугавская	КК, Э
5	<i>Pulsatilla patens</i> (L.) Mill. – Прострел раскрытый	КК
6	<i>Astragalus glycyphyllos</i> L. – Астрагал сладколистный	КК
7	<i>Atraphaxis teretifolia</i> (M. Pop.) Kom. – Курчавка вальковатолистная	КК, Э
8	<i>Prangos ledebourii</i> . – Прангос Ледебура	Э
9	<i>Hyssopus macranthus</i> Boriss. – Иссоп крупноцветный	Э
10	<i>Cousinia arctioides</i> Schrenk – Кузиния лопуховая	Э
11	<i>Centaurea bipinnatifida</i> (Trautv.) Tzvel. – Василек двоякоперистый	Э
12	<i>Serratula dissecta</i> Ledeb. – Серпуха рассеченная	Э

КК – краснокнижный, Э – эндем.

Список литературы

1. Жученко А. А. Биоразнообразие – основа сохранения мировых генетических ресурсов растений: материалы междунар. конф. «Генетические ресурсы лекарственных и ароматических растений» / Под ред. В. А. Быкова. Москва, 2001. С. 8–14.
2. Красная книга Казахстана / Под ред. И. О. Байтулина. 2-е перераб. и доп. изд. Том. 2: Растения. Астана, 2014.

УДК 633.13

П. Н. Николаев, О. А. Юсова

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Омский Аграрный научный центр»,
644012, Россия, г. Омск, пр. Королева, 26,
ksanajusva@rambler.ru*

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЕ СИБИРСКИЕ СОРТА ГОЛОЗЕРНОГО ОВСА

Ключевые слова: овес, сорт, линия, качество зерна.

На данный момент сорт можно назвать основополагающим условием повышения урожайности и качества зерна, роль которого и в дальнейшем будет возрастать [1]. Задачи создания и внедрения в производство подобных сортов позволяет решать целенаправленная селекция. Именно сорт является неисчерпаемым и возобновимым резервом повышения как продуктивных, так и качественных показателей культуры.

На сегодняшний день актуально возделывание голозерных сортов овса [2] благодаря отсутствию пленки зерна, повышенной его питательности и энергетической ценности [3]. Отрицательными характеристиками пленчатых сортов овса является высокая доля пленки (от 1 до 6% массы зерновки) [4]. Зерно голозерного овса характеризуется повышенной питательностью, по сравнению с пленчатыми сортами, что обуславливает повышенный спрос на него как в пищевой промышленности, так и в животноводстве.

Цель исследования – характеристика по качеству зерна новых перспективных голозерных сортов и линий овса селекции Омского аграрного научного центра.

В данной статье представлены материалы исследований сортов ячменя ярового, проведенные в зоне южной лесостепи Западной Сибири. Климатические условия Западно-Сибирской равнины обусловлены переходом континентального климата на западе в резко-континентальный на востоке, что оказывает как благоприятное, так и неблагоприятное влияние на рост и развитие зерновых культур. В целом за май – август избыточное увлажнение отмечено в 2018 г. (ГТК = 1,39); оптимальное увлажнение наблюдалось в 2019 г. (ГТК = 1,10).

Приведены данные биохимического состава зерна овса: содержание в зерне сырого протеина (ГОСТ 13496.4-93), кальция (ГОСТ 26570-95), фосфора (ГОСТ 26657-97), сырой золы (ГОСТ 26226-95), сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016) и сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2015).

Объект исследований – голозерные сорта овса, селекции ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», внесенные в Госреестр РФ:

Сорт Сибирский голозерный – кормового и крупяного направления. Патент № 4073, зарегистрирован в Государственном реестре селекционных достижений РФ 29.05.2008 г. Сорт включен в Госреестр РФ по 10 региону с 2008 г.

Сорт Тарский голозерный – среднеспелый голозерный сорт крупяного направления. Включен в Госреестр РФ по 10 региону с 2019 г.

Также приведены данные новых перспективных линий Инермис 1055, Инермис 1043 и Инермис 1074.

Результаты исследований свидетельствуют, что погодные условия, складывающиеся в период роста и развития растений оказывали существенное влияние на формирование

основных показателей качества голозерных сортов овса. Повышенное содержание белка формируется в условиях пониженного увлажнения ($r=-0,666$) и повышенных средних температур воздуха ($r=0,545$). Содержание фосфора и сырой золы прямо пропорциональны сумме осадков ($r=0,369$ и $0,344$) и обратно пропорциональны средней температуре воздуха ($r=-0,542$ и $-0,452$).

Показатели качества зерна взаимодействуют также между собой. Так, содержание белка характеризуется средней степенью сопряженности с содержанием кальция и сырого жира ($r=0,385$ и $0,433$) и сильной – с масличностью зерна ($r=0,613$). Положительной средней корреляционной зависимостью характеризуются пары содержание кальция и сырой клетчатки ($r=0,437$); содержание фосфора и сырой золы ($r=0,710$); содержание сырого жира и клетчатки ($r=0,349$).

В условиях контрастных периодов исследований 2018 и 2019 гг., в среднем, исследуемые образцы характеризовались содержанием белка на уровне 14,22%, кальция – 0,18%, фосфора – 0,47%, сырой золы – 1,96%, сырого жира – 6,54%, сырой клетчатки – 1,9%.

Наиболее перспективными образцами для дальнейших исследований являются:

- сорт Тарский голозерный – прибавка по содержанию белка (15,85%, +0,48% к st.), сырого жира (7,18%, +0,59% к st.) и на уровне стандарта по содержанию сырой золы (1,99%).
- линия Инермис 1055 – прибавка по содержанию фосфора (0,49%, +0,02% к st.) и сырой золы (2,19%, +0,25% к st.), на уровне стандарта по белковости зерна (14,5%).
- линия Инермис 1043 – прибавка по масличности зерна (7,37%, +0,78% к st.), на уровне стандарта по содержанию фосфора (0,47%) и сырой золы (1,89%).

Список литературы

1. Rapacz M., Stepień A., Skorupa K. // *Acta Physiologiae Plantarum*. 2012. Vol. 5(64). P. 1723–1733.
2. Andreev N. R., Goldstein V. G., Nosovskaya L. P. et al. // *Agrarian Science Euro-North East*. 2019. Vol. 20(5). P. 447–455.
3. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Safonova I. V., Aniskov N. I. // *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020. Vol. 181(2). P. 42–49.
4. Kirkkari A.-M., Peltonen-Sainio P., Lehtinen P. // *Agricultural and Food Science*. 2004. Vol. 13(1). P. 198–211.

УДК 581.52:631.52:635.92

Г. С. Стефанович, Т. Ф. Оконешникова, В. В. Валдайских,
П. А. Беляева, В. П. Рымарь

Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина, Ботанический сад,
620000, Россия, г. Екатеринбург, пр. Ленина, 51,
botsadurfu@mail.ru

К ВОПРОСУ О СЕЛЕКЦИИ ДЕКОРАТИВНЫХ ЗЛАКОВ В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ УРФУ

Ключевые слова: декоративные злаки, фитодизайн, селекция, сортообразцы.

Декоративные травы – это большая группа многолетних и однолетних растений, включающих настоящие злаки (Poaceae), осоки (Cyperaceae), ситниковые (Juncaceae) и другие семейства. Декоративные злаки, благодаря разнообразию цвета, высоты, текстуры и формы растений могут выступать как отдельные компоненты, так и в композициях с другими растениями. Как часть фитоценоза – эта группа растений является важной составляющей ландшафта [1]. Наибольший интерес к декоративным злакам проявился с середины XX века с возникновением тренда на сады, не требующие большого ухода [2]. С развитием фитодизайна возрос интерес к декоративным злакам и на Среднем Урале. В ботаническом саду УрФУ создана коллекция декоративных видов с целью интродукционного и селекционного изучения. Коллекция злаков в разные годы насчитывала около 200 видов и 280 образцов. Интродукционные исследования логически завершаются селекционным процессом. При селекции необходимо учитывать декоративные, биолого-хозяйственные характеристики, а также инновационный аспект нового сорта, который делает его коммерчески интересным и продуктивным [3].

В ботаническом саду УрФУ за последние двадцать лет самостоятельно и совместно с селекционерами Уральского НИИ сельского хозяйства создано девять сортов декоративных злаков [4]. За этот период изучено более двух тысяч сортообразцов мятлика лугового, овсяницы красной и других видов. В селекционном процессе использованы методики и методы, предложенные Всероссийским научно-исследовательским институтом растениеводства им. Н. И. Вавилова [5], ВНИИ Кормов им. В. П. Вильямса [6] и ботаническим садом [7]. В 2000 году был разработан анатомо-морфологический экспресс-метод (тест) диагностики семенной продуктивности при отборе исходных форм мятлика лугового. В основе теста лежит степень корреляции морфоанатомических структур вегетативных и генеративных органов в разные фазы развития растений со структурными элементами соцветия [7]. Этот метод был опробован в питомнике предварительного испытания на перспективных для озеленения видах родов *Festuca* L., *Leymus* Hochst. и *Melica* L.

Проведенный корреляционный анализ морфометрических показателей соцветия у овсяницы пепельной (*Festuca cinerea* (Host) Stohr.) выявил высокую степень зависимости между массой 1000 семян и количеством колосков на соцветии ($r=0,59$). Количество вегетативных побегов положительно сказалось на реальной семенной продуктивности (РСП) ($r=0,44$; $0,54$). Общая масса листьев на куст вегетативных побегов, их фотосинтетическая активность в высшей степени положительно влияла на РСП ($r=0,90$). Анализ анатомических

структур стебля генеративного побега о. пепельной выявил положительную связь между РСП и диаметром стебля [8]. Продолжена интродукционная работа с сортообразцами колосняка растопыренного *Leymus divaricatus* (Drobow) Tzvelev. Изучена реальная семенная продуктивность – важный показатель адаптации вида в условиях, отличных от естественных в местах обитания. Проведена оценка декоративных качеств по 100-балльной шкале (89,5 балла). По результатам наблюдений дана биологическая характеристика и описание декоративных качеств вида в условиях Среднего Урала. Составлена карта образца, которая содержит главные и типичные признаки будущего сорта колосняка растопыренного [9].

Таким образом, выявленные экспресс-методом корреляционные связи могут использоваться для ускорения процесса отбора исходных форм при селекции новых сортов декоративных злаков. Карта главных и типичных признаков колосняка растопыренного может быть полезна селекционерам при составлении методики на отличимость, однородность и стабильность селекционного достижения, а также фитодизайнерам в работе с этим и другими декоративными видами злаков.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № FEUZ-2020-0057.

Список литературы

1. *Tomaškin J., Tomaškinová J., Kizekova M.* // *Thaiszia Journal of Botany*. 2015. Vol. 25. P. 1–13.
2. *Dana M. N.* Ornamental grasses and sedges as new crops. Trends in new crops and new uses. / Ed. by J. Janick and A. Whipkey. ASHS Press, Alexandria, VA, 2002. P. 473–476.
3. *Botelho F., Souza Rodrigues C., Bruzi A.* // *Ornamental Horticulture*. 2015. Vol. 21. P. 9–16.
4. *Stephanovich G. S., Karpukhin M. Yu.* // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014. Vol. 6. P. 73–77.
5. *Lubenets P. A., Ivanov A. I., Kirilov Yu. I.* Guidelines for the study of the collection of perennial forage grasses, 1979. P. 40–44.
6. *Smurygin M. A., Novoselova A. S., Konstantinova A. M.* Methods of breeding of perennial grasses VNIIC of V. R. Williams, 1985. P. 35–41.
7. *Doschennikova O. A.* Results of introduction and selection of herbaceous plants in the Urals. 2001. Vol. 1. P. 241–264. [in Russian]
8. *Stephanovich G. S., Mokina A. N.* // *Floriculture: tradition and modernity. Proceedings of the VI International scientific conference*, 2013. P. 141–144.
9. *Stephanovich G. S.* // *Proceedings of International Research and Practice Conference dedicated to the 125th anniversary of VNIITsiSK and the 85th anniversary of the Botanical Garden "Tree of Friendship"*, 2019. P. 366–371.

УДК 631.811.982

Е. Г. Филиппов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202,
filorch@mail.ru

РАЗМНОЖЕНИЕ *ASTRAGALUS GORODKOVII* JURTZ. И *ASTRAGALUS GORCZAKOVSKII* L. VASSIL. В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

Ключевые слова: Astragalus, клональное микроразмножение.

Сохранение редких видов в коллекциях Ботанических садов является важной составляющей для поддержания генетического разнообразия растений. Большое значение при этом имеет разработка технологий для их массового и ускоренного размножения. Род Астрagal (Astragalus) относится к семейству Бобовых (Fabaceae) и имеет в своем составе ряд хозяйственно-ценных и редких видов. Для некоторых из них успешно применялись методы микроклонального размножения [1].

Ближайшие виды астрagal Городкова и астрagal Горчаковского являются редкими видами уральской флоры, а астрagal Городкова – эндемик Урала. Эти виды имеют разный уровень плоидности: астрagal Городкова диплоид с $2n=16$, а астрagal Горчаковского тетраплоид с $2n=32$ [2]. При введении в культуру выявлен медленный рост сеянцев в первые годы после посева, значительный выпад сеянцев во время первой зимовки. Все это обусловило необходимость привлечения методов микроклонального размножения этих видов в культуре *in vitro*.

В качестве исходного материала использовали зрелые семена из трех популяций: астрagal Городкова – Республика Коми, окрестности ст. Хорота, 2004 г.; астрagal Горчаковского – Свердловская обл, пос. Елкино; Пермский край, д. Верх-Ирень, 2019 г. Семена стерилизовали 2 минуты в спирте, 15 минут в растворе «Белизны» (1:1) с 3-х кратной отмывкой стерильной водой по 10 минут. Перед посадкой проводилась скарификация с помощью накалывания оболочки препаровальной иглой. Семена проращивали на безгормональной среде Мурасига и Скуга [3]. Проростки с развитыми семядолями пересаживались на 4 варианта среды: 1 – без гормонов; 2 -1 мг/л БАП и 0,1 мг/л НУК; 2 -0,1 мг/л БАП и 1 мг/л НУК; 2 -1 мг/л БАП и 1 мг/л НУК. Проростки культивировались при комнатной температуре и 16-ти часовом световом периоде.

Прорастание началось на 4-й день и растянулось на пять дней. Всхожесть составила: 77% у астрagала Городкова и 83% у астрagала Горчаковского, при этом часть семян у астрagала Городкова так и не образовали полноценных проростков и в целом всхожесть с образованием нормальных проростков составила 55%. Всхожесть семян данного вида при проращивании в нестерильных условиях на фильтровальной бумаге составляла лишь 39%.

Уже на первоначальной среде отмечен эффект сильного разрастания семядолей, лежащих на среде, и гипокотилия у некоторых проростков, а также образование каллусных клеток на поврежденных семядолях. Наличие гормонов в среде увеличило данную тенденцию, что выразилось в разрастании гипокотилия, особенно в четвертом варианте. Впоследствии, на нем происходила закладка адвентивных почек и побегов.

Рост верхушечной почки не прекращался и из нее развивался побег, на котором в основании просыпались пазушные почки, и таким образом через два месяца проросток мог иметь систему побегов. К этому времени вырастали и адвентивные побеги из разросшегося гипокотилия и частей семядоли. Корни развивались неохотно, в основном на безгормональной среде, или ненормально утолщенные в третьем варианте.

Наибольшее количество адвентивных побегов образовывалось в 4 и 2 вариантах. Также в этих вариантах развивалось и наибольшее количество верхушечных побегов - до 10 штук. При отделении молодых семядолей и частей гипокотилия при первой пересадке начиналось их разрастание, а в дальнейшем образование адвентивных почек и побегов. Также, максимальное количество адвентивных побегов образовывалось в 4 и 2 вариантах. Однако, в 4 варианте регулярно происходила верификация (ненормальное утолщение) части побегов. Наименьшее количество побегов образовывалось в 1 варианте.

Наблюдался довольно большой разброс в способности к образованию дополнительных побегов у разных проростков, а также для различных популяций. В среднем наибольшее количество побегов у проростков образовывалось у астрагала Городкова – до 10 штук, чуть меньше у астрагала Горчаковского из популяции близ д. Верх-Ирень – до 8 штук, а наименьшее из популяции около пос. Елкино (5–6 побегов).

При последующей пересадке отделялись одиночные побеги и рассаживались на те же варианты. Рост и ветвление побегов продолжались так же активно, но разрастания оси побегов или листьев, как и образования адвентивных почек не происходило. Рост корней на применявшихся вариантах наблюдался лишь в первом варианте.

Таким образом следует отметить, что лишь зародышевые части проростка - семядоли и гипокотиль у данных видов обладают повышенным морфогенетическим потенциалом. В дальнейшем микроклональное размножение осуществляется за счет ветвления побегов. Наилучшим вариантом для размножения этих видов оказался 2 вариант, содержащий 1 мг/л БАП и 0,1 мг/л НУК, при котором ветвление побегов происходит достаточно активно, но отсутствует верификация побегов. Существуют как индивидуальные, так и межпопуляционные различия в морфогенетической активности проростков. Для дальнейшего образования корней у регенерантов необходима пересадка на безгормональную среду.

Список литературы

1. Амброс Е. В., Коцупий О. В., Новикова Т. И., Высочина Г. И. // *Turczaninowia*. 2018. Т. 21 (4). С. 87–99.
2. Филиппов Е. Г., Куликов П. В., Князев М. С. // *Ботанический журнал*. 2008. Т. 93. № 10. С. 1614–1619.
3. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.

**Секция
«Экология и природопользование»**

УДК 58.073

A. A. Kozlova

Nizhniy Novgorod N.I. Lobachevski State University,
603950, Russia, N. Novgorod, Gagarin avenue, 23,
akatoe-nn@yandex.ru

CARTOGRAPHICAL MONITORING OF RED WOOD ANTS (SUBGENUS *FORMICA* S. STR.) AS ACTIVE FOREST PROTECTORS

Keywords: red wood ants, forest protection, geoinformation systems, digital mapping.

Forest communities are a vulnerable component of the biosphere, suffering from abiotic, biotic and anthropogenic factors including leaf-eating pests of woody plants. Since 1960s red wood ants of the subgenus *Formica* s. str. have been used as a biological method of pest population control (suppression of a multiplying species, e.g., of the gypsy moth *Lymantria dispar*, the Siberian silkworm *Dendrolimus sibiricus*, sawflies of the family *Tenthredinidae*) [1]. In addition, due to trophobiosis with aphids and other sucking insects, red wood ants get an opportunity to maintain a high level of population inside the anthills despite the population decline of common insect species.

Nevertheless, red wood ants themselves are getting under threat – anthropogenic impact (deforestation, mechanical destruction of anthills, etc.) leads to a significant slowdown in their reproduction and extension. In this regard, the necessity of regular population monitoring in *Formica* s. str. In the USSR these measures were taken during the operation «Ant», the main purposes of which were inventory and mapping of large anthills. Nowadays, field research and analysis of Russian red wood ants are responsibility of the project team «Monitoring Formica» [2], which was organized in 2010–2013 and considers the anthill complex as the principal research unit.

In this paper the author uses geographic information systems for inventory and digital mapping of 6 species forming the subgenus *Formica* s. str. (*Formica rufa*, *F. polycтена*, *F. aquilonia*, *F. pratensis*, *F. lugubris* and *F. truncorum*) in 143 location points of the Middle Volga regions [3–6], phytocenotically related mainly to the zone of mixed and deciduous forests, on the north (northern part of the Nizhny Novgorod region) passing into the southern taiga, on the south – into the forest-steppe. A geographic coordinate database and digital map were created on the ArcGIS Online platform. This service is a program that allows to upload information in *.csv or *.shp format and convert it to points, lines or polygonal elements which can be displayed as the feature layers of the map [6].

The result of current research is a map was of red wood ants' extension in various phytocenoses of Nizhny Novgorod, Samara, Saratov regions and Mari El, Mordovia, Chuvashia and Tatarstan republics. After that main phytocenoses were joined into 12 clusters of different size with determination of forest communities mostly inhabited by *Formica* s. str. ants (Figure).

It was discovered that most of the red wood ants' species are confined to specific phytocenoses (e.g. northern wood ant *Formica aquilonia* in the southern taiga, meadow ant *F. pratensis* in the steppe and forest-steppe zone). The most ant-populated zones are mixed (in 4 clusters) and deciduous forests (in 1 cluster). The dominative species in inhabited areas are red wood ant *Formica rufa* (found in 50 location points) and small wood ant *F. polycтена* (found in 30 points).

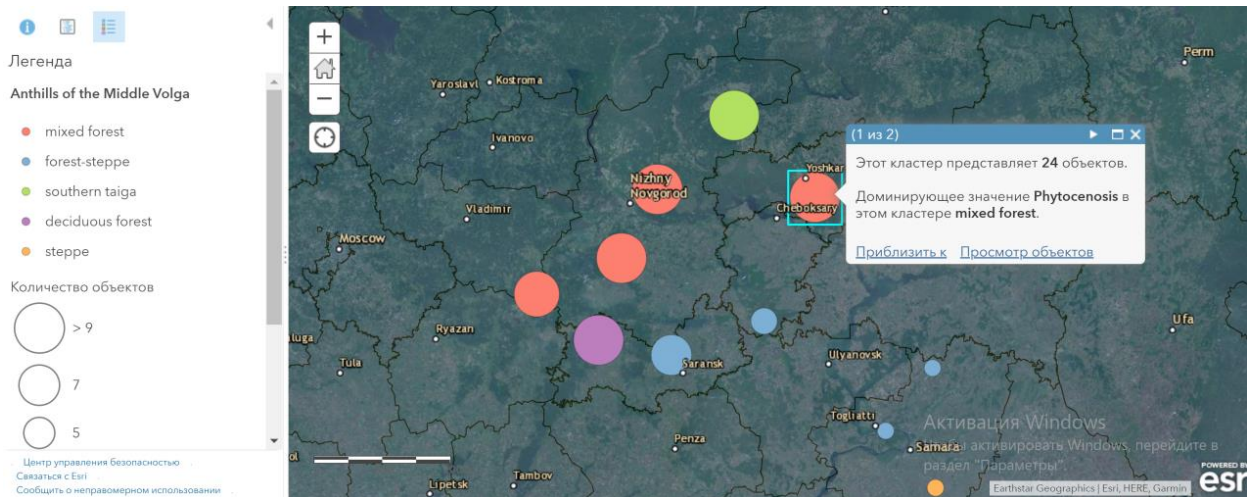


Figure. Clustering of phytocenoses inhabited by ants on the map of the Middle Volga

In conclusion, it was revealed that ants actively protecting the forest were found in most phytocenoses of the Middle Volga regions, but they tend to demonstrate high phytocenotic specificity. In this regard, it becomes necessary to create a larger number of natural reserves (including myrmecological ones) and to cultivate anthills in new forest communities affected by pests.

The author expresses gratitude to her scientific advisor PhD Vladimir Alexandrovich Zryanin for the provided data and assistance in the research process.

References

1. *Dlussky G. M.* Ants of the genus *Formica*. Moscow: Nauka, 1967. 236 p. [in Russian]
2. *Zakharov A. A., Dlussky G. M., Goryunov D. N. et al.* Monitoring of the *Formica* ants. Moscow: KMK, 2013. 99 p. [in Russian]
3. *Zryanin V. A, Zryanina T. A.* // Successes of modern biology. 2007. Vol. 127(2). P. 226–240.
4. *Konopleva E. E.* // Bulletin of Nizhny Novgorod Lobachevski State University. 2010. № 2. P. 407–412. [in Russian]
5. *Ruchin A. B., Zryanin V. A.* To the fauna of ants (*Hymenoptera: Formicidae*) of the Mordovia Republic. Ants and forest protection. Materials of the XIV All-Russian Myrmecological Symposium. Nizhny Novgorod, 2013. P. 108–109. [in Russian]
6. *Pierce F. J., Clay D.* GIS Applications in Agriculture. 2007. 218 p.

УДК 911.52

A. M. Mikayilov

*Baku State University,
Akademik Zahid Xəlilov küçəsi-23, Baku, Azerbaijan,
mikayilov84@list.ru*

EFFECTS OF ANTHROPOGENIC FACTORS ON SOIL AND PLANT PROCESSING (IN THE EXAMPLE OF KURA DEPRESSION)

Keywords: soil, plant, anthropogenic, degradation, desertification.

The rapid population growth in the study area is causing to widespread anthropogenic adverse effects and ecological imbalances.

In the study area, from the shores of the Caspian Sea to the foothills, about 30 soil types and subtypes are interchangeable, of which mainly gray (1 million 42148 ha) and chestnut (841686.2 thousand ha) soils are characterized by a wider area [3]. The chemical composition of these soil types was analyzed by taking samples. Determination of humus, nitrogen, phosphorus and potassium in these soils allowed to determine the biological potential of the area.

Chemical analysis of soil samples shows that along with the depth of the profile, the amount of microelements which are necessary for plants decreases sharply, and the amount of harmful salts (Mg, Na), which negatively affects their development, increases sharply. The mechanical composition is mainly heavy clay, the ratio of light and heavy clay particles varies in different areas. Soil-forming main rocks are mainly consist of carbonate.

It has been found that desertification occurs more easily and intensively in these soil types, which develop in arid and semiarid climates, and that these soils have poor natural resistance compared to other soil types and subtypes, are characterized by low productivity and are very sensitive to anthropogenic impacts, the risk and tendency to degradation is higher.

Desertification hotspots cover the soil types shown before, also on the landscapes which are used irrationally, mostly, modern winter pastures, areas subject to intensive irrigation, where trees and shrubs are destroyed.

The vegetation of the area consists of various formations that have been transformed from the plains to the foothills, including arid sparse forests and shrubs, tugay and plain forests, mainly desert, dry-steppe and steppe vegetation groups is spreading widely.

Vegetation formed in arid climates is characterized by low productivity, low resilience and sensitivity to desertification in accordance with the geographical characteristics of the soil and the area.

Centuries of human activity in the Kura depression have led to repeated changes in the vegetation developed in arid climates. As a result of centuries-old anthropogenic influences, a wide range of changes have taken place, from the complete destruction of natural vegetation, including forests, to changes in species composition.

The species composition of Tugay forests in the studied area consists of various types of trees and shrubs, mainly in the form of narrow strips along the banks of the Kura, Ganikh, Gabirri rivers. Plain forests are distributed in the Ganig-Ayrichay valley, and arid forests and shrubs are distributed in small areas in the Jeyranchol-Acinohur lowlands [1, 2].

Analyses show that in the past, these forests stretched along the Kura River to the Caspian Sea, as well as along its tributaries (Goychay, Turyanchay, Tartarchay, Alijanchay) as a whole and in the form of steppes to the foothills of the Greater and Lesser Caucasus. Arid forests formed a successive strip in the arid-denudation lowlands at a distance of more than 500 km from the territory of Jeyranchol to Southeast Gobustan [2, 4].

At present, the 18,000 hectares of forest area on the banks of the Kura in the study area stretches only 90–100 km. The remaining 700–800 km of the Kura blank area was deprived of forests [1]. The reduction in the area of forest landscapes currently available in the study area is mainly due to agricultural, horticultural, livestock use, firewood felling, changes in hydrogeological conditions and the impact of various diseases.

Grazing in the tugai forests is carried out in all seasons of the year, and to bring nomadic animals in these areas during the winter months leads to overcrowding. This process is widespread in the winter pastures of the area.

Year by year increase number of livestock and their overgrazing in pastures leads to the development of exodynamic processes and the formation and acceleration of desertification. Unsystematic grazing in winter pastures of Jeyranchol-Ajinohur lowlands, central, north-eastern and eastern part of Shirvan plain, South-Eastern Shirvan, Central Mugan, Mil-Garabagh, Salyan plains, along with physical degradation of the surface, negatively affects the species composition and quality of pastures caused directional changes. Due to the plants that are well eaten by livestock, inedible, thorny, pungent, coarse-stemmed plant species are characterized as the main indicators of desertification, increasing their range from year to year.

43.8% of the total pastures (1.1 million ha) in the study area have been subjected to varying degrees of desertification. 41.6% of the total deserted pastures are winter pastures.

The intrazonal landscapes of the area have undergone a sharp anthropogenic transformation and are mainly involved in agricultural turnover. The intrazonal landscapes of the area have undergone a sharp anthropogenic transformation and are mainly involved in agricultural turnover. Regular monitoring of arable lands, reclamation and agro-technical measures taken to increase productivity limit the risk of desertification. Desertification in such areas are local and occur in areas where agro-technical regulations have been violated for a long time.

Our analysis shows that 49.8% of the modern semi-desert landscapes of the Kura Basin have been subjected to varying degrees of desertification. This figure is 22.8% of dry steppe landscapes, 11.7% of arid sparse forests and shrubs, and 15.9% of intrazonal landscapes. Currently, 69% of the region's modern landscapes are at risk of desertification. Among the main anthropogenic factors of desertification, livestock, irrigated agriculture, industrial and household waste, and settlement have a special role.

References

1. *Aliyev G. A., Khalilov M. Y.* // Prikurinskiy tugai forests of Azerbaijan. Baku: Elm, 1975. 136 p. [in Russian]
2. *Mammedov G. Sh., Khalilov M. Y.* // Forests of Azerbaijan. Baku: Elm, 2002. 472 p. [in Russian]
3. *Mammedov G. Sh.* // Soil resources of Azerbaijan. Baku: Elm, 2002. 132 p. [in Russian]
4. *Museibov M. A.* // Physical geography of Azerbaijan. Baku: Maarif, 1998. 400 p. [in Russian]

УДК 58.01:58.07

Е. В. Болотник

ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук,
620110, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
LizaVB@yandex.ru

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ РОДА *PRUNELLA* L. НА СРЕДНЕМ И ЮЖНОМ УРАЛЕ

Ключевые слова: изменчивость, *Prunella*, граница ареала, морфологические признаки, экология.

Исследование особенностей реализации фенотипического потенциала популяций лекарственных растений в различных условиях произрастания является важной задачей на пути понимания механизмов адаптации и устойчивости биологических объектов. Очевидно, что без знания особенностей экологии и внутривидовой дифференциации видов, эффективное решение проблемы невозможно.

На Среднем Урале проходит северо-восточная граница ареала вида *Prunella grandiflora* L., в отличие от широко распространенного на данной территории вида *Prunella vulgaris* L. В этой связи принципиальное значение имеет характер воздействия экологических факторов на вариабельность признаков в центре ареала и на пределе распространения у близкородственных видов. Таким образом, целью исследований являлась оценка морфологических особенностей и анализ изменчивости *P. vulgaris* и *P. grandiflora* в зависимости от экологических условий произрастания на Среднем и Южном Урале.

В ходе экспедиционных исследований в период с 2010 по 2014 года на территории Среднего и Южного Урала было изучено 13 ценопопуляций *P. vulgaris* и 7 ценопопуляций *P. grandiflora*. Экологические условия произрастания видов рода *Prunella* определяли с помощью шкал Цыганова на основе сводного списка видов фитоценозов [1]. На профильных участках произрастания видов рода *Prunella* оценены следующие экологические факторы: влажность почвы (Hd), содержание в почве доступного азота (Nt), кислотность почвы (Rc), трофность почвы (Tr) и затененность местообитания (Lc). Оценка экологических факторов вычислялась в баллах по общепринятой методике [2]. Для анализа изменчивости морфологических признаков был использован коэффициент вариации, который оценивали по шкале уровней изменчивости, предложенной С.А. Мамаевым [3]. Статистическую обработку результатов исследований проводили с помощью программы Microsoft Excel 2003 и статистических методов в стандартном пакете Statistica 6.0.

Для морфологического анализа в каждой точке сбора проводили отбор растений *P. vulgaris* и *P. grandiflora* в фенофазе цветения. Собранные растения из 20 ценопопуляций гербаризировали. Всего было исследовано 685 растений *P. vulgaris* и 317 растений *P. grandiflora*, на которых изучали признаки вегетативной и генеративной сферы. С каждого растения отбирали 2 листа, расположенные супротивно в средней части стебля.

В разных типах сообществ у видов рода *Prunella* параметры листьев отличаются по среднему значению. Наиболее развитые вегетативные органы имеют растения *P. vulgaris* и *P. grandiflora* в лесных сообществах. Листовые пластинки у них крупные, а также выше величины суммарной длины жилок на листе, фактор формы, отношения ширины листа к

ширине черешка и средней ширины основания зубчика по сравнению с растениями, взятыми из других местообитаний. Обнаружена тенденция к сокращению размерных признаков листа в луговых сообществах произрастания *Prunella*, справедливая для обоих видов. У *P. grandiflora* в составе луговых сообществ средние значения площади листа, периметра листа, длины и ширины листа в два раза ниже, чем в березовых лесах.

В разных условиях произрастания морфологические признаки листа у вида *P. vulgaris* варьируют сходным образом, в отличие от *P. grandiflora*, у которой отмечена низкая признакоспецифичность по уровням изменчивости.

Для выявления взаимосвязи морфологических признаков с экологическими факторами проведены расчеты методом главных компонент и регрессионный анализ данных. Результаты позволили выявить экологические факторы, определяющие размерность метрических признаков у *P. vulgaris* и *P. grandiflora*. Для *P. vulgaris* показана связь морфометрических параметров с факторами освещенности, влажности и уровнем трофности почвы. Чем выше влажность и ниже уровень трофности почвы, больше затененность, тем выше следующие признаки: площадь, периметр, длина и ширина листа, отношение длины листа к его ширине, фактор формы, суммарная длина жилок на листе. Для *P. grandiflora* показано влияние факторов кислотности почвы и доступности азота на морфометрические параметры. Чем ниже кислотность почв и меньше в них содержание азота, тем выше следующие морфологические признаки: площадь, периметр, фактор формы листа, длина и ширина листа, отношение длины листа к его ширине, суммарная длина жилок на листе, средняя высота зубчика, средняя ширина основания зубчика, длина соцветия.

Изучение изменчивости *P. vulgaris* на территории Среднего и Южного Урала показало, что в разных условиях произрастания морфологические признаки у вида *P. vulgaris* варьируют сходным образом. В характере изменчивости отмечена признакоспецифичность – независимо от типа сообщества 14 из 20 морфологических признаков листа, соцветия и побега имеют одинаковый уровень изменчивости. Большинство морфологических признаков *P. grandiflora* варьирует в зависимости от типа сообщества.

Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

Список литературы

1. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 196 с.
2. Мамаев С. А. Основы проблемы исследования внутривидовой изменчивости растений. Флора и внутривидовая изменчивость растений Урала. Свердловск, 1985. С. 3–8.
3. Широких П. С. // Аграрная Россия. 2009. Спец. вып. С. 72–73.

УДК 591.9:595.795

Н. Б. Винокуров

Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН,
360050, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37а,
niko-vinokurov@yandex.ru

ВИДОВОЕ БОГАТСТВО И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОС-БЛЕСТЯНОК ТРИБЫ (CHRYSIDINI) В РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ ВОДООХРАННОЙ ЗОНЫ РЕКИ КУМЫ И ПОДКУМКА (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

Ключевые слова: осы-блестянки, биоразнообразие, экология, водоохранная зона, Северный Кавказ.

Осы-блестянки (Hymenoptera: Chrysididae) – являются паразитами многих насекомых, особенно часто их находят в гнездах одиночных пчел (Apoidea: Megachilidae) и ос (Vespidae: Eumeninae; Crabronidae).

В работе приводятся данные по биоразнообразию ос-блестянок трибы Chrysidini в растительных сообществах водоохранной зоны реки Кумы и Подкумка, где отмечен 81 вид из 5 родов: *Chrysidea* – 2 вида, *Chrysis* – 72, *Chrysura* – 5, *Pseudochrysis* – 1, *Trichrysis* – 1, что составило 69% от фауны трибы Chrysidini Северного Кавказа.

Растительные сообщества представлены злаково-степным разнотравьем. Во многих местах сохранились участки с ковылем, несколькими видами полыни, шалфея, молочая и тысячелистника.

В зависимости от мест гнездования хозяев, где обитают и осы-блестянки, питаются запасами в гнездах хозяев или на цветках растений при питании пыльцой, выделили группы: связанные с почвой – геофилы (62%), с сухим древостоем – ксилофилы (27,2%) и связанные с питанием на цветках растений – антофилы (10,8%).

По степени встречаемости все виды разделились на три группы: редкие, обычные и массовые. К редким видам отнесено 54 вида: *Chrysidea pumila* (Klug, 1845), *Chrysis albanica* Trautmann, 1927, *C. angustifrons angustifrons* Abeille de Perrin, 1878, *C. angustula angustula* Schenck, 1856, *C. bergi* Semenov, 1967, *C. bianchii* Semenov, 1902, *C. bilobata* Balthasar, 1953, *C. borealis* Paukkunen, Ódegaard & Soon, 2015, *C. calimorpha calimorpha* Mocsáry, 1882, *C. caucasicola* Balthasar, 1953, *C. chrysoprasina* Förster, 1853, *C. chrysostigma* Mocsáry, 1889, *C. comparata* Lepeletier, 1806, *C. comta* Förster, 1853, *C. csikiana* (Mocsáry, 1912), *C. cyaneata* Mocsáry, 1909, *C. decora* Mocsáry, 1887, *C. diacantha diacantha* Mocsáry, 1889, *C. equestris* Dahlbom, 1854, *C. fasciata* Oliver, 1791, *C. frankenbergeri* Balthasar, 1953, *C. frivaldzkyi frivaldzkyi* Mocsáry, 1882, *C. germari germari* Wesmael, 1839, *C. glasunovi* Semenov, 1967, *C. grohmanni krkiana*, Linsenmaier, 1959, *C. grumorum* Semenov, 1892, *C. ignita ignita* (Linnaeus, 1758), *C. impressa* Schenck, 1856, *C. insperata insperata* Chevriér, 1870, *C. longula longula* Abeille de Perrin, 1879, *C. longula sublongula* Linsenmaier, 1951, *C. lyda* Rosa, 2017, *C. maderi* Linsenmaier, 1959, *C. mediata mediata* Linsenmaier, 1951, *C. neobule* Semenov, 1954, *C. obtusidens obtusidens* Dufour & Perris, 1840, *C. phryne* Abeille de Perrin, 1878, *C. placida* Mocsáry, 1879, *C. poetica* Semenov, 1954, *C. pseudobrevitarsis* Linsenmaier, 1951, *C. pulchella pulchella* Spinola, 1807, *C. sardarica* Radoszkowski, 1890, *C. schencki* Linsenmaier, 1968, *C. schousboei* Dahlbom, 1854, *C. solida* Haupt, 1957, *C. subsinuata fallax* Mocsáry, 1882, *C. valida* Mocsáry, 1912, *C. vicana*

Vinokurov, 2010, *C. vinokurovi* Rosa, 2017, *C. zetterstedti* Dahlbom, 1845, *Chrysura cuprea cuprea* (Rossi, 1790), *Chr. purpureifrons* (Abeille de Perrin, 1878), *Chr. radians* (Harris, 1776). Указанные виды малочисленны, встречаются редко, единично, локально.

К обычным видам, которые встречаются повсеместно и часто отнесено 27 видов: *Chrysidea disclusa disclusa* (Linsenmaier, 1959), *Chrysis aestiva* Dahlbom, 1854, *C. analis analis* Spinola, 1807, *C. bicolor* Lepeletier, 1806, *C. caspiensis* Linsenmaier, 1959, *C. cerastes cerastes* Abeille de Perrin, 1877, *C. distincta distincta* Mocsáry, 1887, *C. distincta thalhammeri* Mocsáry, 1889, *C. galloisi* du Buysson, 1908, *C. gracillima gracillima* (Förster, 1853), *C. graelsii graelsii* Guérin-Méneville, 1842, *C. inaequalis* Dahlbom, 1845, *C. interjecta interjecta* du Buysson, 1895, *C. leachii* Schuckard, 1837, *C. leptomandibularis* Niehuis, 2000, *C. mesasiatica* Semenov, 1912, *C. mutabilis mutabilis* du Buysson, 1887, *C. rutilans rutilans* Olivier, 1791, *C. scutellaris* Fabricius, 1794, *C. sexdentata sexdentata* Christ, 1791, *C. soror* Dahlbom, 1854, *C. splendidula splendidula* Rossi, 1790, *C. taczanovskii* Radoszkowski, 1877, *Chrysura dichroa dichroa* (Dahlbom, 1854), *Chr. laevigata laevigata* (Abeille de Perrin, 1879), *Pseudochrysis neglecta* (Shuckard, 1837), *Trichrysis cyanea* (Linnaeus, 1876).

Среди обычно встречающихся, 7 видов оказались массовыми: *Chrysidea disclusa disclusa*, *Chrysis distincta distincta*, *C. graelsii graelsii*, *C. scutellaris*, *C. soror*, *Pseudochrysis neglecta*, *Trichrysis cyanea*. Их можно отнести к политопным видам. Они экологически пластичны к условиям среды обитания, как, например, *Trichrysis cyanea* и *Chrysidea disclusa disclusa* встречаются на глинистых и песчаных откосах, а также на сухих деревьях. Они имеют широкий круг хозяев и за сезон могут дать несколько поколений.

Высокий показатель видового разнообразия ос-блестянок в растительных сообществах водоохраной зоны указывает на жизнеспособность популяций как ос-блестянок, так и их хозяев, где пчелиные связаны с растениями как активные опылители, а осы – Eumeninae и Sphecidae, как энтомофаги многих вредителей растений.

Ненарушенные биоценозы водоохраной зоны малых и больших рек, можно рассматривать как рефугиумы для восстановления и сохранения популяций редких и исчезающих видов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-ЮГ № 06-04-96711 и частично Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие и динамика генофондов».

УДК 630*561:630*232

К. Е. Завьялов, С. Л. Менщиков

ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук,
620134, Россия, г. Екатеринбург,
ул. Билимбаевская, 32а,
zavyalov.k@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕЛИОРАНТОВ ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ТЕХНОГЕННО- НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ АЭРОТЕХНОГЕННЫМИ ВЫБРОСАМИ МАГНЕЗИТОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ключевые слова: аэротехногенные выбросы, лесные культуры, мелиоранты, *Betula pendula* Roth.

Целью данной работы являлось определение возможности применения мелиорантов при посадке березы повислой (*Betula pendula* Roth) для лесовосстановления территорий, загрязненных аэротехногенными выбросами магнетитового производства. Объектом исследования являлась береза повислая, созданная в 1983 году в г. Сатка Челябинской области в градиенте загрязнения выбросов магнетитового производства. Обследовано 6 опытных участков (ОУ): ОУ № 2 – зона сильного загрязнения, ОУ № 5–6 – среднего загрязнения, ОУ № 3 – слабого загрязнения, ОУ № 4 – контроль [1]. При посадке березы применяли следующие мелиоранты: торф слоем 2 см и 12 см, азотно–фосфорно–калийные (NPK) удобрения в дозах 30, 90 кг / га действующего вещества и разбавленную серную кислоту. Подготовка почвы: ОУ №2-4 подготовка почвы в виде борозд плугом ПЛП-135 с последующим фрезерованием, ОУ №5-6 культурная вспашка плугом ПЛН-3-35 с последующим фрезерованием, а также фрезерование без вспашки.

Анализ роста берёзы повислой в зоне сильного загрязнения на применение различных мелиорантов при посадке показал лучшие показатели роста в варианте с торфом слоем 12 см (таблица). Применение данного мелиоранта при этой дозировке показало высокую сохранность и рост. По сравнению с вариантом без мелиоранта на этом же ОУ густота выше в 3 раза, средний диаметр культур на высоте груди выше в 2,8 раза, а средняя высота – в 2,1 раза. Вариант с торфом слоем 2 см показал незначительное превышение темпов роста по сравнению с вариантом без мелиоранта. В зоне среднего загрязнения (ОУ № 5-6) обработка почвы проводилась без снятия верхнего горизонта. Хорошие результаты на ОУ № 5-6 получились в варианте с глубокой вспашкой + фрезерование. На ОУ № 5 диаметр деревьев больше на 15%, чем в варианте только с фрезерованием. В варианте, в котором вносились удобрения и проводилась вспашка, радиальный прирост также выше, чем в варианте с удобрением без вспашки (диаметр выше на 17%), а по сравнению с вариантом без удобрений и без вспашки диаметр больше на 22%. По высоте деревьев на данном участке существенных различий нет. В вариантах только с внесением удобрений без вспашки по сравнению с вариантом без мелиоранта + фрезерование показатели роста культур березы увеличились незначительно. В зоне слабого загрязнения значимых различий нет, но по показателям роста варианты опытов, также как в других зонах выстроились в ряд торф > удобрение > кислота. В целом показатели роста культур березы, по мере приближения к источнику загрязнения значительно снижаются.

Таблица

Характеристика ОУ и некоторые таксационные показатели культур березы повислой

№ ОУ/Расстояние от источника выбросов	Вариант	Средние		Густота шт/га	Сумма площадей сечений, м ²	Запас в коре м ³ /га	Тип леса
		диаметр	высота				
2/1	без мелиоранта	3,9	3,5	428	0,5	2,3	С. яг.
	торф 12 см	7,7	7,7	1448	6,7	36,6	
	торф 2 см	4,4	4,3	–	–	–	
	кислота	4,8	4,9	–	–	–	
	удобрения	4,9	5,0	–	–	–	
5/3	без мелиоранта	4,5	6,6	7391	11,6	45,8	С. яг.
	без мелиоранта + вспашка	5,2	7,1	–	–	–	
	НРК-90	4,8	6,8	–	–	–	
	НРК-90 + вспашка	5,8	7,4	–	–	–	
	НРК-30	4,7	6,7	–	–	–	
6/3	без мелиоранта	8,1	10,8	7273	26,7	155,5	С. ртр.
	без мелиоранта + вспашка	8,6	11,2				
3/5	без мелиоранта	8,9	10,4	3596	21,0	137,9	С. ртр.
	торф	10,0	11,2	–	–	–	
	кислота	9,3	10,7	–	–	–	
	удобрения	9,9	11,1	–	–	–	
4/10	контроль	9,9	11,1	3625	28,2	198,4	С. яг.

Результаты исследований свидетельствуют, что аэропромвыбросы магнезитового производства значительно снижают основные показатели роста культур березы повислой. В условиях сильного магнезитового загрязнения для восстановления зеленой зоны возле комбината «Магнезит» можно создавать насаждение из березы повислой только с использованием в качестве мелиоранта органические удобрения (например, низинный торфом слоем не менее 12 см). При внесении органического удобрения в недостаточных количествах (например, торф слоем 2 см) культуры березы гибнут. В условиях среднего загрязнения можно создавать березовые насаждение без применения мелиоранта. Здесь рекомендуется использовать специальные способы подготовки почвы (например, без снятия верхнего горизонта почвы), так как данная подготовка почвы повышает показатели роста березы повислой.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

Список литературы

1. Менщиков С. Л. Исследование экологических особенностей роста и обоснование агротехники создания культур хвойных пород в условиях магнезитовых запылений: специальность 06.03.01 «Лесные культуры, селекция семеноводство и озеленение городов»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Менщиков Сергей Леонидович; Уральская лесная опытная станция ВНИЛМ. Свердловск, 1985. 24 с.

УДК 630*182

Н. С. Иванова¹, Е. С. Золотова²

¹*Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
i.n.s@bk.ru,*

²*Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН,
620016, Россия, г. Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15,
afalinakate@gmail.com*

ВЛИЯНИЕ СПЛОШНЫХ РУБОК НА ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РАСТЕНИЙ ГОРНЫХ ЛЕСОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

Ключевые слова: типы леса, горные условно-коренные леса, сплошные вырубki, травяно-кустарничковый ярус, биоразнообразие, Средний Урал.

В связи с интенсивным природопользованием и возрастанием угрозы экологических кризисов проблема сохранения биоразнообразия лесов крайне актуальна [1, 2]. Большинство исследователей указывает на важную для лесопользования особенность: масштабы изменения биоразнообразия пропорциональны интенсивности нарушений [3]. Данный вывод получен при исследовании как лесозаготовок, так и пожаров, выпаса и других воздействий [4]. При этом биоразнообразие растений выступает критерием сложности экосистемы и связывается с устойчивостью функционирования сообщества [2]. Однако, несмотря на огромное количество исследований, остается нехватка данных для моделирования биоразнообразия и разработки сценариев устойчивого лесопользования [2, 5].

Цель нашего исследования – выявление лесотипологических закономерностей в изменении видовой насыщенности травяно-кустарничкового яруса после сплошных рубок в лесах Зауральской холмисто-предгорной провинции.

В качестве района исследований выбраны горные леса Урала. В своей работе мы опирались на географо-генетический подход, разработанный Б.П. Колесниковым. В основу полевых исследований положен метод топоэкологических профилей с закладкой на ключевых участках постоянных и временных пробных площадей.

Маршрутное обследование исследуемой территории позволило выявить лесотипологическое разнообразие условно-коренных лесов и вырубок. На ключевых (наиболее репрезентативных для типа леса) участках были заложены пробные площади, размер которых подбирался таким образом, чтобы на них имелось не менее 200 деревьев основного поколения преобладающего лесобразователя (на вырубках не менее 400). Для каждой пробной площади указывалось положение в рельефе (часть склона, его экспозиция и крутизна). Определялась мощность почв и ее физико-химические свойства. Для древостоя определены высоты, диаметры и возраст. Естественное возобновление древесных растений изучено на лентах длиной 20 метров и шириной 4 метра, разбитых на площадки 2x2 м (2–4 ленты на пробную площадь). Для травяно-кустарничкового яруса определен видовой состав, видовая насыщенность, проективное покрытие и продуктивность. Для этого было заложено для каждой пробной площади по 15–20 учетных площадок 1x1 м.

Нами исследованы условно-коренные светлохвойные леса 150–160-летнего возраста и сплошные вырубki 2–6-летнего возраста. Для проверки гипотезы, что сплошные рубки

приводят к статистически значимым различиям видовой насыщенности травяно-кустарничкового яруса, проведено сравнение на основе дисперсионного анализа (One-way ANOVA) условно-коренные лесов и сплошных вырубок в различных лесорастительных условиях (типах леса).

Статистически значимые различия в видовой насыщенности между условно-коренными лесами и сплошными рубками выявлены для сосняков ягодниковых, орляковых, разнотравных и сосняков с темнохвойным ярусом мшисто-черничниковых. Причем во всех случаях, кроме сосняков разнотравных, установлено увеличение видовой насыщенности на сплошных рубках по сравнению с лесами. Недостоверными оказались различия для сосняков брусничниковых, ягодниково-липняковых и травяно-липняковых. Несмотря на то, что видовая насыщенность после сплошных рубок в ряде случаев увеличивается, результаты исследований свидетельствуют о значительном влиянии заготовки древесины на видовое разнообразие, которое проявляется также в нивелировании на рубках существующих различий между исходными лесами.

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что снижение видовой насыщенности после сплошных рубок происходит только в наиболее богатых видами сосняках разнотравных. Сохранение и увеличение видовой насыщенности на сплошных рубках по сравнению с условно-коренными лесами свидетельствует о высоком адаптивном потенциале лесной растительности в горах Среднего Урала к внешним разрушающим воздействиям. Однако вопрос трансформации видовой структуры остается открытым и требует дополнительных исследований, расчета и анализа изменений показателей разнообразия. Анализ ранговых распределений численности видов также может оказаться полезным.

Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН, Института геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН (гос. регистрации № АААА-А18-118052590028-9).

Список литературы

1. *Maiti R., Rodriguez H. G., Ivanova N. S.* Autoecology and Ecophysiology of Woody Shrubs and Trees: Concepts and Applications. John Wiley & Sons, 2016. 352 p.
2. *Усольцев В. А.* // Эко-потенциал. 2019. № 1(25). С. 9–47.
3. *Peter D. H., Harrington D. H.* // Forest Ecology and Management. 2018. Vol. 417. P. 18–30.
4. *Florez L. G., Vanclay J. K., Glencross K. J., Nichols D.* // Forest Ecology and Management. 2017. Vol. 393(1). P. 29–39.
5. *Ivanova N. S.* // International Journal of Bio-resource and Stress Management. 2019. Vol. 10. P. 251–256.

УДК 574/577:334.02

Е. Н. Королева

*Институт биологии и биотехнологии Алтайского государственного университета,
656049, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 61,
korka9919@mail.ru*

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К КОМПЕНСАЦИОННОМУ ОЗЕЛЕНЕНИЮ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАРНАУЛА

Ключевые слова: компенсационное озеленение, индекс качества, озеленение.

Озеленение городской среды является актуальным вопросом для каждого города. Такие авторы, как Велихов В.А., Кадафи М., Теодоронский В.С. занимались вопросами благоустройства городской среды и увеличения площади зеленых насаждений в городах. Практически каждый руководитель органа местного самоуправления в РФ одной из целей природоохранных мероприятий ставит увеличение площади зеленых насаждений. Интересен опыт следующих городов: город Москва и город Новосибирск.

Одной из оценочных положений городов РФ в качестве озеленения служит «Индекс качества городской среды», который формируется Минстроем России в соответствии с методикой, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 23.03.2019 №510-р и оценивает комфортность проживания и среду жизнедеятельности в шести городских пространствах. Город считается с благоприятной средой при достижении индекса качества в размере более 50% от максимально возможного (360 баллов).

По итогам 2018 и 2019 годов «индекс качества городской среды» города Барнаула составлял 179 баллов, соответственно, столица Алтайского края считается городом с неблагоприятной средой. Вместе с тем, в городе Барнауле общая площадь зеленых насаждений составляет 10098,2 га., в том числе лесопарки 547 га, городские леса 4063 га, насаждения общего пользования 2022,9 га. [1]. Согласно СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» обеспеченность зелеными насаждениями общего пользования на 1 жителя для крупных городов должна составлять не менее 10 кв.м. на 1 человека [2]. Существующая обеспеченность зелеными насаждениями общего пользования составляет 29,3 кв.м. на человека, что выше норматива [3]. Показатель по обеспеченности зелеными насаждениями города Барнаула отражает реальность, однако, следует учитывать во внимание, что в расчеты включены площади городских лесов, которые составляют 4063 га. Вместе с тем, большая часть городских лесов находится в пойме р. Оби и занята кустарниками, такими, как ива. Таким образом, увеличение площади озелененных территорий стоит одной из первоочередных задач среди природоохранных мероприятий города Барнаула.

В городе Барнауле ведется работа по озеленению. Ежегодно высаживается от 400–500 деревьев и кустарников, что недостаточно для увеличения площади зеленых насаждений в городской черте, и, соответственно, для увеличения индекса качества городской среды.

Действующие правовые акты в городе Барнауле нацелены на увеличение площади озеленения города Барнаула. Так, например, в генеральном плане города предлагается ряд участков для озеленения: С. Поляна, берег р. Пивоварка и т.д. С целью увеличения площади озеленения принят Закон Алтайского края от 08.09.2003 № 41-ЗС «Об охране зеленых насаждений городских и сельских населенных пунктов Алтайского края», где говорится о компенсационном

озеленении. Также, принято постановление администрации города от 10.12.2018 № 2040 «Об утверждении Порядка сноса зеленых насаждений на территории городского округа – города Барнаула Алтайского края», в котором говорится о компенсационном озеленении. Однако, выполнять компенсационное озеленение или платить восстановительную стоимость в бюджет города-это право заявителя (застройщика, юридического лица, осуществляющего снос зеленых насаждений). В июле 2020 были приняты поправки в закон (№ 41-ЗС) в части компенсационного озеленения. Целью законодательной власти при изменениях являлось установление ограничений по сносу зеленых насаждений. В случае, если сносится одно дерево, то должно там же вырасти новое. Если в том же месте невозможно, то требуется посадка зеленых насаждений в двойном размере на другой территории. Однако, исполнение принятого закона приводит к увлечению фактов сноса зеленых насаждений без разрешения и тем самым к уменьшению площади зеленых насаждений, а не к росту желаемой зеленой массы. Причина в том, что законодатель, желая при точечной застройке остановить снос без компенсационного озеленения деревьев, не рассматривал все случаи сноса зеленых насаждений. Из 18 указанных в постановлении № 2040 основаниях сноса, 10 выполняются в «режиме ЧС». Это и ликвидация аварийных деревьев, деревьев, которые высажены в нарушение норм, деревьев, которые подлежат сносу в случае аварии на инженерных сетях, при предписании ГИБДД и ГУЧС. Компенсационное озеленение в таких случаях, на том же месте, невозможно. А посадить в другом месте в двойном размере крайне нецелесообразно. Службам водоканала проще не устранять аварию и не пилить дерево на бесхозных сетях, тем самым оставив жилой дом, а иногда и квартал без водоснабжения, чем закладывать в смету расходы на компенсационное озеленение. А аварийные, сухостойные деревья в виду ограниченности бюджетных ассигнований, администрация города не имеет возможности спилить в требуемом объеме, что может привести к причинению ущерба как жизни, так и здоровью граждан, поэтому жители самостоятельно по своей инициативе получают разрешения на снос, тем сам «помогая бюджету», а взамен «спасибо» законодатель говорит «а вы еще и посадите».

Исходя из вышеприведенного анализа, закон № 41 ЗС – это единственный нормативно-правовой акт, который «неся благие цели» не увеличивает площадь озеленения городов и поселков на территории Алтайского края. Необходимо мерой служит внесение изменений в данный законодательный акт.

На основании сложившейся практики комитетом по дорожному хозяйству, благоустройству, транспорту и связи г. Барнаула направлено обращение в АКЗС о необходимости изменений статей 10, 11 и 12 закона № 41 ЗС. Именно принятие «действующего» закона позволят увеличить площадь озеленения территории г. Барнаула, в том числе и по показателю «Индекс качества городской среды».

Список литературы

1. «Форма 1-КХ по итогам 2019 года по г. Барнаулу», утвержденная приказом Росстата от 27.07.2020. № 462.
2. СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». [Электронный ресурс] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200084712> (дата обращения: 30.09.2020).
3. Решение от 30.08.2019 №344 «Об утверждении Генерального плана городского округа – города Барнаула Алтайского края». [Электронный ресурс] URL: https://barnaul.org/strategy/proektgenplana_07_10_09 (дата обращения: 30.09.2020).
4. *Боговая И. О., Теодоронский В. С.* Озеленения населенных мест. М.: Агропромиздат, 1990.

УДК 628.1:571.13

Ю. В. Корчевская, И. А. Троценко, И. Г. Ушакова

*ФГБОУ ВО Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина,
644008, Россия, г. Омск, ул. Институтская площадь, 1,
yuv.korchevskaya@omgau.org*

РОЛЬ ЦИКЛА ДИСЦИПЛИН ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ПРИРОДООБУСТРОЙСТВО И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

Ключевые слова: экологическая биотехнология, природообустройство, водопользование, биохимические свойства, микроорганизмы, санитарно-бактериологический анализ.

Экологическая биотехнология – одна из важнейших областей развития и прикладного применения биотехнологии для решения природоохранных задач специфическими биотехнологическими методами, например, утилизации различных отходов жизнедеятельности человека. Поэтому, одной из целей экологической биотехнологии является практическое внедрение эффективных технологий переработки сельскохозяйственных, промышленных и бытовых отходов, в том числе сточных вод, с получением продуктов, которые могут быть использованы в других отраслях хозяйственной деятельности человека (биогаза, удобрений, топлива) и охране окружающей среды [1, 2].

Биотехнологическая утилизация огромных объемов органических отходов позволяет обеспечить удаление источников загрязнения сточных вод, а также превратить осадок, образовавшийся при их очистке, в полезный целевой продукт.

В связи с этим при разработке учебных планов, реализуемых в ФГБОУ ВО Омский ГАУ направлений подготовки 20.03.02 и 20.04.02 – Природообустройство и водопользование кроме профильных инженерных дисциплин включены дополнительные, такие как «Современные проблемы биотехнологии», «Основы биотехнологических процессов обработки воды», «Оценка качества вод и их способности к обработке» и другие.

Студенты при освоении данных дисциплин изучают основные понятия биотехнологического процесса [3], особенности объектов биотехнологии, их культивирование, осваивают методики и приобретают навыки выполнения бактериологического анализа воды, что позволяет сформировать соответствующие компетенции. Для этого ведущими преподавателями разработаны и изданы учебные пособия по всем дисциплинам.

В настоящее время на кафедре разрабатываются технологии экологического компостирования сырого осадка со станции биологической очистки сточных вод. Эксперименты проводятся на «пилотных» установках, позволяющих выполнить моделирование процесса и выработать наиболее целесообразные технологии. При закладке опыта студентами определяются начальные санитарно-бактериологические показатели качества осадка.

Исследования, проводимые студентами-магистрантами, заключаются в изучении влияния условий культивирования микроорганизмов (аэрации, рН, уровня теплообмена,

пенообразования) при компостировании осадка. В экспериментах создаются специфические условия культивирования: аэробные и анаэробные, мезофильные и термофильные [4]. Для повышения содержания сухих веществ в осадке до 40% и эффективного протекания процесса компостирования в сырой осадок подмешиваются материалы, содержащие углерод (опилки, солому) в различных соотношениях.

Подготовка студентов к решению проблем, связанных с разработкой перспективных методов очистки сточных вод, обработки и обезвреживания осадка позволит улучшить экологическую обстановку, сделать водоемы чистыми и безопасными для здоровья населения.

Список литературы

1. *Ксенофонтов Б. С.* Основы микробиологии и экологической биотехнологии. М.: Форум Инфра-М, 2015. 224 с.
2. Прикладная экомикробиология. Учеб. пособие для студентов по специальности "Биотехнология": в двух томах. Т. 1 / Под ред. А. Е. Кузнецов [и др.]. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 629 с.
3. *Ушакова И. Г., Горелкина Г. А., Кадысева А. А., Корчевская Ю. В.* Основы биотехнологических процессов обработки воды: Учебное пособие. Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2014. 119 с.
4. *Горелкина Г. А., Ушакова И. Г., Корчевская Ю. В.* Особенности использования метода "case study" при изучении специальных дисциплин по направлению подготовки "Природообустройство и водопользование" // Современные технологии обучения в образовании: состояние и перспективы развития. Материалы внутривузовской методической конференции. Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2019. С. 64–68.

УДК 631.463:504.054

А. Г. Космачева¹, Т. А. Трифонова^{1,2},
С. М. Чеснокова¹

¹ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых» (ВлГУ),
600000, Россия, г. Владимир, ул. Горького, 87,
hijadelaluna@mail.ru,

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12,
tatrifon@mail.ru

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СМЕСЕЙ АНТИБИОТИКОВ РАЗНЫХ ГРУПП НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, антибиотики, фитотестирование.

Из-за загрязнения окружающей среды антибиотиками, возрастает количество исследований их влияния на почвенные экосистемы [1]. В токсикологической оценке почв широко применяются методы фитотестирования, в основе которых лежит чувствительность растительных организмов к внешним воздействиям, проявляющаяся в изменении морфологических параметров [2].

Ранее нами было осуществлено исследование фитотоксичности дерново-подзолистой почвы, загрязненной теми же антибиотиками при их индивидуальном влиянии [3].

Цель данного исследования – изучение влияния дерново-подзолистой почвы, загрязненной смесями антибиотиков разных групп на всхожесть и развитие проростков пшеницы озимой.

Тест-объектом служила сельскохозяйственная дерново-подзолистая легкосуглинистая почва Суздальского района Владимирской области, отобранная с верхнего горизонта (0–20 см) в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-84. В исследовании были использованы антибиотики, принадлежащие к разным группам: бензилпенициллин (β-лактамы), тилозин (макролид), окситетрациклин (тетрациклиновый). В качестве тест-культуры использовали пшеницу мягкую озимую сорта Мера (*Triticum aestivum* L.). Определяемыми тест-параметрами являлись: всхожесть, длина корней, высота побегов. Исследование осуществлялось согласно методике [4]. В качестве контроля использовалась почва без внесения антибиотиков, увлажненная до 60% от полной влагоемкости. Эффекты токсического воздействия почвы оценивали по величине токсических эффектов (ТЭ) для каждого тест-параметра, и интегрального токсического эффекта (ИТЭ), которые рассчитывались по формулам:

1) $TЭ = \frac{P_0 - P_x}{P_0} \times 100\%$, где P_0 и P_x – значение тест-параметров в контроле и в опыте соответственно.

2) $ИТЭ = \frac{TЭв + TЭдк + TЭвп}{3}$, где ТЭв, ТЭдк, ТЭвп – значение токсических эффектов всхожести, длины корней и высоты побегов соответственно.

Было установлено преимущественное токсическое воздействие изученных смесей антибиотиков (рисунок). Только при внесении 50 мг/кг смеси окситетрациклина с бензилпенициллином, 50 мг/кг и 100 мг/кг трехкомпонентной смеси наблюдается

стимулирование роста корней и побегов пшеницы. Кроме того, рассчитанные интегральные токсические эффекты смесей антибиотиков показали наличие как эффекта синергизма, так и эффекта антагонизма в сравнении с индивидуальным действием тех же препаратов, зависящие от состава и концентрации антибиотиков в исследуемых смесях.

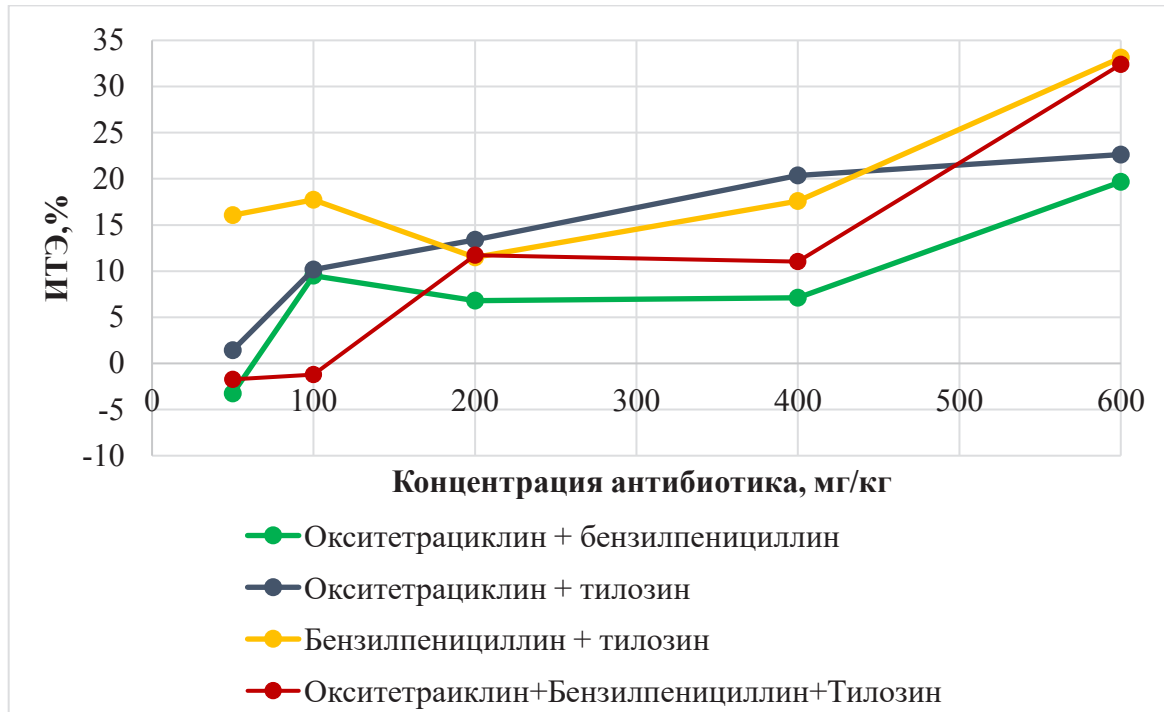


Рисунок. Зависимость величины интегрального токсического эффекта от концентрации антибиотика

Список литературы

1. *Sysoń M., Mrozik A., Piotrowska-Seget Z.* // *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 10. 338.
2. *Николаева О. В., Терехова В. А.* // *Почвоведение*. 2017. № 9. С. 1141–1152.
3. *Космачева А. Г.* Исследование токсичности дерново-подзолистой почвы, загрязненной антибиотиками различных групп, методом лабораторного фитотестирования // *Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды. V Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 4–5 июня 2020 года): сборник материалов*. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2020. С. 289–294. [Электронный ресурс] URL: <http://conference.gsu.by> (дата обращения: 30.09.2020).
4. *Капелькина Л. П., Бардина Т. В., Бакина Л. Г. и др.* Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для определения токсичности техногенно-загрязненных почв. СПб.: Изд-во «Фора-принт», 2009. 19 с.

УДК 581.55

**Н. В. Лукина, Д. В. Бажин, Е. И. Филимонова,
М. А. Глазырина, Г. Г. Борисова, А. Ганем**

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
Natalia.Lukina@urfu.ru*

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *PINUS SYLVESTRIS* L., ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ОТВАЛАХ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СРЕДНЕГО УРАЛА

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, серпентинитовые отвалы, морфологические параметры, анатомические характеристики хвои.

Добыча полезных ископаемых открытым способом, в том числе на Урале, сопровождается существенным нарушением почвенного и растительного покровов на больших пространствах. Восстановление растительности на подобных территориях происходит крайне медленно. Одним из пионерных видов, способным заселять нарушенные земли на Среднем Урале, является *Pinus sylvestris* L. (сосна обыкновенная). Известно, что у *P. sylvestris*, растущих в разных условиях, меняется геометрия кроны, морфология побегов, анатомия хвои [1–6]. Морфологические и анатомические характеристики являются важными индикаторами реакции организма на условия окружающей среды, позволяющими понять механизмы устойчивости растений в техногенных местообитаниях.

Целью исследования было изучение анатомо-морфологических характеристик *P. sylvestris*, произрастающей на отвалах горнодобывающей промышленности Среднего Урала.

Исследования проводили в 2019 г. на отвалах Анатольско-Шиловских месторождений асбеста, расположенных на Среднем Урале (пос. Новоасбест, Свердловская обл., таежная зона, подзона южной тайги). Субстраты отвалов сильнокаменистые, представлены в основном серпентинитами, и лишь около 10% объема – рыхлыми обломочными материалами и глиной [7].

Агрохимический состав субстратов характеризуется очень низким содержанием легкогидролизуемого азота, средним содержанием доступного для растений фосфора и калия. Реакция среды субстрата слабощелочная (pH = 7,2) [8].

Выровненные участки и склоны отвалов зарастают, преимущественно, древесной растительностью с доминированием *P. sylvestris* (sp gr-cop), *Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh. (sp). Из травянистых растений наиболее часто встречаются *Dendranthema zawadskii* (Herbin) Tzvel, и редкий для Урала вид орхидеи – *Epipactis atrorubens* (Hoffm. ex Bernh.) Bess. (sp).

Исследования показали, у *P. sylvestris* в условиях породных отвалов, по сравнению с контролем на суглинках, достоверно ($p < 0,05$) уменьшаются средние показатели высоты, ежегодного прироста стволов и ветвей. Во всех образцах хвои *P. sylvestris*, произрастающей на отвалах, отмечен дефицит азота и фосфора.

Под влиянием неблагоприятных факторов (недостаток элементов минерального питания и воды, высокая каменистость субстрата) на отвалах происходит уменьшение длины

и диаметра хвои, уменьшение числа смоляных ходов в хвое. Дискриминантный анализ по комплексу исследованных анатомических характеристик продемонстрировал отличие хвои *P. sylvestris*, произрастающей в условиях Анатольско-Шиловских серпентинитовых отвалов, от контрольного образца (рисунок).

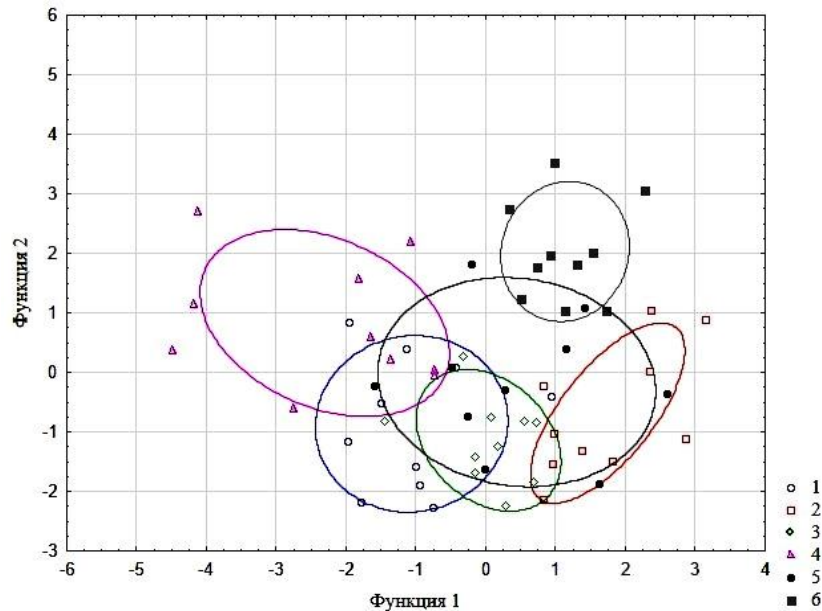


Рисунок. Дифференциация *P. sylvestris* по участкам на основе анатомических параметров (1–5 – образцы хвои с серпентинитовых отвалов; 6 – контроль)

Выявленные анатомо-морфологические изменения *P. sylvestris*, произрастающей в условиях Анатольско-Шиловских серпентинитовых отвалов, имеют адаптивный характер и способствуют выживанию вида в экстремальных условиях среды.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Свердловской области в рамках проекта 20-44-660011 и Министерства науки и высшего образования РФ в рамках ГЗ УрФУ FEUZ-2020-0057.

Список литературы

1. Lukjanova A., Mandre M. // Forestry Studies. 2008. Vol. 49. P. 37–46.
2. Köbölkuti Z. A., Tóth E. G., Ladányi M., Höhn M. // Dendrobiology. 2017. Vol. 77. P. 105–117.
3. Niinemets Ü., Ellsworth D. S., Lukjanova A., Tobias M. // Tree Physiology. 2002. Vol. 22. P. 747–761.
4. Niinemets Ü., Lukjanova A. // Annals of Forest Science. 2003. Vol. 60. P. 195–208.
5. Tiwari S. P., Kumar P., Yadav D., Chauhan D. K. // Turkish Journal of Botany. 2013. Vol. 37. P. 65–73.
6. Urbaniak L., Karlinski L., Popielarz R. // Acta Societatis Botanicorum Poloniae. 2003. Vol. 72. P. 37–44.
7. Yanin E. P. // Scientific and Technical Aspects of Environmental Protection. 2013. Vol. 5. P. 18–47.
8. Filimonova E., Lukina N., Glazyrina M. et al. // Journal of Forestry Research. 2020. Vol. 3(6). P. 2111–2120.

УДК 632.9

М. К. Миронова, И. О. Камаев, Ю. Н. Приходько

*Всероссийский центр карантина растений,
140150, Россия, Московская область, Раменский район,
р.п. Быково, ул. Пограничная, 32,
mironam@mail.ru*

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ И ПУТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ВИРУСА ROSE ROSETTE VIRUS И КЛЕЩА *PHYLLOCOPTES FRUCTIPHILUS*

Ключевые слова: вирус розеточности розы, бутонный клещ розы, анализ фитосанитарного риска, потенциальный ущерб, карантин растений.

Проведена оценка риска интродукции, потенциальных экономических, экологических и социальных последствий распространения на территории России вируса розеточности розы *Rose rosette virus* (Viruses: Bunyaviridae: Emaravirus) и его переносчика бутонного клеща розы *Phyllocoptes fructiphilus* Keifer (Acari, Eriophyidae).

Вирусная болезнь розеточности розы за последние несколько десятилетий распространилась из западной части США до восточного побережья, угрожая уничтожить американскую индустрию розоводства. Заболевание является летальным для растений розы. Предполагается, что широкое распространение этого заболевания связано с интродукцией и распространением в Северной Америке розы многоцветковой (*Rosa multiflora*). Поражаются практически и все другие виды культивируемых роз [1–5]. Единственным идентифицированным переносчиком возбудителя заболевания является клещ *Phyllocoptes fructiphilus*.

В результате проведенного анализа фитосанитарного риска вероятность проникновения на территорию России вируса розеточности розы и бутонного клеща розы оценена как высокая (7,14 и 6,22 балла из 9), поскольку ввоз саженцев, черенков и срезанных растений розы в Россию не запрещен и осуществляется, в том числе из США, где возбудитель заболевания и переносчик широко распространены.

Вероятность акклиматизации вируса и клеща на территории России также оценена как высокая (6,91 и 7,02 балла соответственно) вследствие сходства климатических условий современных ареалов анализируемых организмов и регионов потенциальной акклиматизации, а также широкого распространения культурных и дикорастущих растений розы на территории России.

Потенциальный ущерб для экономики и природы России в случае распространения вируса и клеща на территории России оценен как средний (4,74 и 5,76 балла соответственно). В качестве путей распространения анализируемых организмов рассмотрены антропогенный путь через импортирование и перемещение саженцев, черенков и срезанных растений розы, а также естественный способ распространения клеща воздушными потоками.

Потенциальное воздействие вируса и клеща на производство саженцев, горшечных и срезанных растений розы в России оценено как большое в соответствии со шкалой экономического ущерба [6]. Воздействие вируса и клеща может быть значительным для производства на территории России розового масла, других продуктов из растений розы,

плодов шиповника, имеющих лекарственное и пищевое применение. Высокий риск вирус и клещ представляют для ботанических садов, оранжерей, коллекций, содержащих виды и сорта роз, имеющих высокую эстетическую и экономическую ценность. Под угрозой заражения клещом и переносимым им вирусом могут оказаться природные популяции диких видов рода роза, в том числе эндемичных, редких и исчезающих видов.

В России зоной наиболее высокой потенциальной вредоносности вируса и клеща являются Южный федеральный округ, юг Центрального, Приволжского и Уральского федеральных округов, юг Западной Сибири и Приморья.

Общие оценки фитосанитарного риска (2,34 и 2,51 балла для вируса и клеща соответственно), интегрирующие оценки вероятности проникновения и акклиматизации, потенциальных последствий распространения на территории России, превышают условный пороговый показатель [7], что позволяет классифицировать анализируемые организмы как соответствующие карантинному статусу и рекомендовать включение вируса розеточности розы *Rose rosette virus* и бутонного клеща розы *Phyllocoptes fructiphilus* в Перечень карантинных объектов Российской Федерации.

Работа выполнена в рамках Гостемы НИР АААА-А20-120071490012-5.

Список литературы

1. Allington W., Staples R., Viehmeyer G. // Journal of Economic Entomology. 1968. Vol. 61. P. 1137–1140.
2. Amrine J. W., Hindal D. F., Stasny T. A. et al. // Entomological News. 1988. Vol. 99. P. 239–252.
3. Otero-Colina G., Ochoa R., Amrine Jr. J.W. et al. // Journal of Environmental Horticulture. 2018. Vol. 36(4). P. 146–153.
4. Solo K. M. Rose Eriophyid Mites: an ecological study of *Phyllocoptes fructiphilus* Keifer (Acari: Eriophyidae), vector of rose rosette virus, and its relationship with *Rosa* species. Master's Thesis. University of Tennessee. 2018. 70 p.
5. Vazquez-Iglesias I., Ochoa-Corona F. M., Tang J. et al. // Plant Pathology. 2020. <https://doi.org/10.1111/ppa.13255>
6. Магомедов У. Ш., Мазурин Е. С., Миронова М. К. // Наука и практика. 2013. № 2(4). С. 8–12.
7. Магомедов У. Ш., Миронова М. К., Яковлева В. А. // Наука и практика. 2015. № 2(12). С. 8–16.

УДК 581.4:582.475.4

М. З. Моллаева, Ф. А. Темботова

*ФГБУН Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН,
360051, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37а,
monika.011@yandex.ru*

АНОМАЛИИ ПЫЛЬЦЫ *PINUS SYLVESTRIS* L. В УСЛОВИЯХ ГОР ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Ключевые слова: Центральный Кавказ, *Pinus sylvestris* L., аномалии, содержание крахмала.

Генеративная сфера сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) очень чувствительна к любым изменениям окружающей среды. Морфологические нарушения структуры и жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной согласно данным литературы обусловлены климатическими условиями мест произрастания [1, 2], и загрязнением атмосферы [3]. Несмотря на наличие работ по изучению морфологических изменений пыльцевых зерен сосны обыкновенной, связь высоты мест произрастания с аномальными изменениями ее пыльцы в горных условиях Центрального Кавказа ранее не рассматривалась.

Объектами исследований послужили природные разновысотные популяции сосны обыкновенной, произрастающих в бассейне р. Баксан. Выборки заложены как вдоль главного ущелья, так и по боковым его отрогам в пределах высот 1500–2500 м над ур. моря – Верхний Баксан (1500 м), Эльбрус (1800м), Юсеньги (1800 м), Сылтран (1900 м), Адыр-су (2350м), Джантуган (2350 м), Чегет (2400 м), Терскол (2500 м).

Сбор материала (10–15 микростробил с каждого дерева, с 36–50 деревьев, соответственно), оценку морфологических изменений пыльцевых зерен проводили с использованием стандартных методик [4, 5]. Общее число изученных пыльцевых зерен сосны на исследуемой территории составило 13965 штук.

В результате исследований, в природных горных популяциях сосны обыкновенной нами отмечено 6 типов аномалий пыльцы: «воротничковая» форма, пыльца с тремя воздушными мешками, клетка с редукцией тела; клетка с разномерными воздушными мешками, пыльца с одним воздушным мешком; клетка с «гигантским» телом.

Частота встречаемости аномальных пыльцевых зерен в разновысотных выборках сосны Баксанского ущелья варьирует от 7–10% до 17% от общего числа изученных пыльцевых зерен. Высокая встречаемость аномальных пыльцевых зерен наблюдается в окр. с Эльбрус (17%), минимальная, почти в три раза меньше в Адыр-Су (6,5%). Наиболее распространённой аномалией пыльцы сосны на исследуемой территории является редукция тела (составляет около 50% от общего числа аномальных клеток во всех выборках, за исключением выборки Джантуган – 14,74%). «Воротничковая форма» пыльцы варьирует в пределах от 10% (Терскол, 2500 м) до 53% (Джантуган, 2350 м). Аномальные клетки с одним воздушным мешком встречаются так же во всех выборках и составляют около 30% от общего числа здоровых клеток. Следует отметить, что редкая аномалия – 3-х мешковая пыльца отмечена нами только в двух выборках – Джантуган (1,8%) и В. Баксан (3,45%). «Гигантские» пыльцевые зерна обнаружены в высокогорных выборках Адыр-Су, Джантуган, Чегет и Терскол, процент

встречаемости их так же невелик, однако наблюдается увеличение числа этих клеток с продвижением в горы. Самой редкой аномалией пыльцы на исследуемой территории является разноразмерность воздушных мешков, встречается только в Адыр-Су и составляет лишь 1,28%.

Различия процентного соотношения аномалий пыльцы между исследуемыми выборками достоверные и близкие к достоверным (при $p = 0,05$). Корреляционный анализ показал зависимость таких аномалий как «гигантское тело» ($r = 0,76$ при $p = 0,005$) и пыльцы с одним воздушным мешком ($r = 0,72$ при $p = 0,005$) с высотным градиентом. Частота встречаемости аномальной пыльцы с тремя воздушными мешками с увеличением высоты мест произрастания, наоборот, снижается ($r = -0,65$ при $p = 0,005$). Такие морфотипы пыльцы как «редуцированное тело» ($r = -0,16$ при $p = 0,005$), «воротничковая форма» ($r = 0,04$ при $p = 0,005$) и разноразмерность воздушных мешков пыльцевого зерна ($r = 0,22$ при $p = 0,005$) слабо коррелируют с высотой.

Список литературы

1. Носкова Н. Е., Третьякова И. Н., Муратова Е. Н. // Известия РАН. Серия биологическая. 2009. № 3. С. 379–384.
2. Калашник Н. А. // Бюллетень Ботанического сада Саратовского гос. ун-та. 2012. № 10. С. 46–52.
3. Махнева С. Г. Показатели пыльцы сосны обыкновенной в биомониторинге техногенного загрязнения среды (на примере двух промышленных центров Урала) // Биологические системы: устойчивость, принципы и механизмы функционирования: сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции. Нижний Тагил, 2017. С. 230–237.
4. Монозон-Смолина М. Х. // Ботанический журнал. 1949. № 4. С. 352–380.
5. Третьякова И. Н. Эмбриология хвойных: физиологические аспекты. Новосибирск, 1990. 157 с.

УДК 504.054:574.24:631.53.011

**П. Е. Мохначев¹, С. Г. Махнева¹, С. Л. Менщиков¹,
А. М. Потапенко², В. В. Кокоченко³**

¹*Ботанический сад Уральского отделения РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Билимбаевская, 32а,
mohnachev74@mail.ru*

²*Институт леса Национальной академии наук Беларуси,
246654, Республика Беларусь, г. Гомель, ул. Пролетарская, 71,
anto_ha86@mail.ru*

³*Уральский государственный лесотехнический университет,
620100, Россия, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37,
vkokochenko@mail.ru*

КАЧЕСТВО СЕМЯН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, СФОРМИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННЫХ ВЫБРОСОВ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ УРАЛА

Ключевые слова: семя, энергия прорастания, всхожесть, аэротехногенное загрязнение.

Важным условием возобновления природных лесных сообществ является качество семян, которое во многом определяется условиями произрастания материнских деревьев. Существенное влияние на процессы формирования семян и их качество оказывает аэротехногенное загрязнение [1–3].

Нами были проанализированы основные показатели качества семян сосны обыкновенной *Pinus sylvestris L.*, произрастающей в условиях влияния выбросов комбината «Магнезит» (основа выбросов – высокощелочная магнезитовая пыль), Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗа) (диоксид серы, тяжелые металлы) и Полевского криолитового завода (ПКЗ) (соединения фтора, диоксид серы, диоксид азота).

Выявлено, что в древостоях сосны, произрастающих в импактных зонах комбината «Магнезит» и СУМЗа, формируются семена достоверно меньшей массы (при $p < 0,05$) относительно фонового уровня, а в условиях зоны сильного загрязнения ПКЗ масса семян увеличивается (Таблица). Однако, вне зависимости от типа и уровня загрязнения, значения показателей энергии прорастания и всхожести семян сопоставимы с фоновыми условиями и видовым уровнем в целом. Следует отметить, что ранее в условиях магнезитового загрязнения, данные показатели также были высокими [4], а в условиях влияния выбросов СУМЗа и ПКЗ ранее формировались семена низкого качества [1, 5]. Возрастание энергии прорастания и всхожести семян в импактных зонах СУМЗа и ПКЗ в настоящее время мы связываем с существенным снижением текущих выбросов указанных предприятий.

Таблица

Характеристика посевных качеств семян сосны обыкновенной

ОУ (ППП)/расстояние до источника выбросов, км	Показатели (в числителе – $X \pm m$, в знаменателе – Cv , %)		
	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Комбинат «Магнезит» (Южный Урал)			
ОУ-2/1	$\frac{5,04 \pm 0,32}{27,98}$	$\frac{90,95 \pm 1,55}{7,44}$	$\frac{93,92 \pm 1,4}{6,50}$
ОУ-5/3	$\frac{6,88 \pm 0,24^*}{15,29}$	$\frac{92,93 \pm 1,71}{8,03}$	$\frac{94,52 \pm 1,11}{5,10}$
ОУ-4/10	$\frac{7,23 \pm 0,31^*}{9,74}$	$\frac{91,13 \pm 2,44}{5,98}$	$\frac{95,20 \pm 3,08}{7,23}$
ОУ-К/20	$\frac{6,31 \pm 0,20^*}{13,99}$	$\frac{85,50 \pm 2,68}{14,04}$	$\frac{90,67 \pm 1,67}{8,23}$
Среднеуральский медеплавильный завод (Средний Урал)			
ППП 5/3,5	$\frac{5,43 \pm 0,18}{9,63}$	$\frac{66,88 \pm 9,15}{38,68}$	$\frac{81,53 \pm 8,88}{31,89}$
ППП 7/20	$\frac{6,52 \pm 0,35^*}{15,18}$	$\frac{67,19 \pm 5,10}{21,46}$	$\frac{88,75 \pm 2,92}{9,64}$
Полевской криолитовый завод (Средний Урал)			
ППП 1 /2	$\frac{6,43 \pm 0,29}{13,18}$	$\frac{76,88 \pm 8,08}{29,74}$	$\frac{95,00 \pm 2,17}{6,45}$
ППП К /40	$\frac{5,73 \pm 0,25}{12,13}$	$\frac{70,31 \pm 8,13}{32,72}$	$\frac{95,31 \pm 2,29}{6,79}$

*различия с зоной сильного загрязнения достоверны при $p < 0,05$.

Список литературы

1. Аникеев Д. Р., Бабушкина Л. Г., Зуева Г. В. Состояние репродуктивной системы сосны обыкновенной при аэротехногенном загрязнении. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. 81 с.
2. Бажина Е. В., Скрипальщикова Л. Н. Особенности семенной продуктивности сосны обыкновенной в нарушенных лесных экосистемах Красноярской лесостепи // Матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участ., посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН «Лесные биогеоценозы Бореальной зоны: география, структура, функции, динамика», Красноярск, 2014. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 309–310.
3. Makhniova S., Mokhnachev P.E., Ayan S. // Environmental Monitoring and Assessment. 2019. Vol. 191(2). 113.
4. Менщиков С. Л. Исследование экологических особенностей роста и обоснование агротехники создания культур хвойных пород в условиях магнетитовых запылений : дис. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук: 06.03.01 / Менщиков Сергей Леонидович. Свердловск, 1985. 210 с.
5. Шкарлет О. Д. Влияние дымовых газов на формирование репродуктивных органов сосны обыкновенной (на примере одного из медеплавильных предприятий на Урале): автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук: 03.00.05 / Шкарлет Ольга Дмитриевна. Свердловск: ИЭРиЖ УНЦ АН СССР, 1974. 27 с.

УДК 63.632

**В. И. Назаров¹, М. И. Ключенкова¹, А. П. Попов¹,
П. А. Волков¹, А. С. Нартов¹, Д. А. Макаренков²**

¹НИЦ «Курчатовский институт» – ИРЕА,
107076 Россия, г. Москва, ул. Богородский Вал, 3,
Schreib@yandex.ru

²ФГБОУ ВО Московский политехнический университет,
makarenkovd@gmail.com

УЛУЧШЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ХЕЛАТНОЙ ФОРМЕ

Ключевые слова: агрохимия, NPK-удобрения, хелатные микроэлементы.

Свойства пахотных земель определяются параметрами: мощностью слоя, процентным содержанием азота, соединений фосфора, влаги и кислотности почвы. Эксплуатация почв приводит к выносу питательных веществ и к изменению их структуры.

Улучшение качества почвы и повышение урожайности сельскохозяйственных культур достигается использованием основных компонентов минеральных удобрений, в частности азота (56,1–67,4) %, фосфора (15,3–30,4) % и калия (17,8–27,2) %. Это базовые компоненты в широком ассортименте гранулированных одно- и многокомпонентных комплексных и смешанных удобрений, содержащих элементы питания в виде микроэлементов [1–2].

Кроме традиционных NPK-удобрений для питания растений необходимы биогенные химические элементы. К ним относятся бор, цинк, медь, молибден, кобальт, а также фтор, кремний, ванадий. Микроэлементы требуются растениям в небольших количествах и введение их в определённых пропорциях позволяет нормально расти и развиваться растениям. Улучшение урожайности зависит от введения питательных веществ, их растворимости и усвояемости их в почве.

Внесение основных минеральных элементов NPK влияет на подвижность микроэлементов. Так, например, внесение повышенных доз фосфорных удобрений увеличивает потребность в цинке, калийных – в боре, азотных – в меди, боре и марганце. Для получения высоких урожаев наряду с основными элементами питания необходимо достаточное и сбалансированное обеспечение растений микроэлементами. Они также выносятся с урожаем из почв, обедняя их [3]. В настоящее время не решена проблема своевременного внесения микроудобрений для определённого типа растений из-за прогнозирования доз и их соотношений, а также форм их внесения.

В НИЦ «Курчатовский институт» - ИРЕА разрабатываются комплексные решения для повышения эффективности растениеводства. Содержание микроэлементов в растениях при пересчёте на сухое вещество составляет от сотых до десятичных процентов. Известно, что для наибольшей эффективности микроэлементы должны использоваться в хелатной форме [4, 5]. В качестве хелатирующих элементов чаще всего используются комплексоны в виде ЭДТА (Трилон-Б) или ОЭДФ на основе фосфоновой кислоты.

Процесс образования комплексных солей микроэлементов происходит в результате ионного обмена неорганических солей микроэлементов в водном растворе, и их связывание с органическими лигандами вышеперечисленных комплексонов.

В почву хелатные соединения микроэлементов могут вводиться в жидком виде или более удобном – сухом, который получают при сушке на распылительной сушилке и далее гранулируют с добавлением минерального носителя и связующего на основе лигносульфонатов. При этом получаются гранулы размером 1–4 мм с содержанием микроэлементов в хелатной форме, которые легко перемешиваются с удобрениями НРК и имеет устойчивую тенденцию по внедрению, как в России, так и за рубежом. При попадании в почву микроэлементы в хелатной форме остаются доступными длительное время и обладают повышенной биологической активностью. Они устойчивы в широком диапазоне рН, хорошо растворимы в воде, нетоксичны, и активно стимулируют рост растений. Микроэлементы в хелатной форме могут сочетаться с химикатами, применяемыми как средства защиты растений и используемыми в обработке почв, в частности, с пестицидами и гербицидами.

Работы по повышению эффективности растениеводства сопровождаются проведением контроля питательных составов для зеленой массы, концентрации полезных веществ в почве и используемых удобрений. Аналитическое сопровождение проводится центром коллективного пользования НИЦ «Курчатовский институт»-ИРЕА по таким показателям как концентрация питательных составов, зеленой массы, почвы, аммония, нитратов, фосфатов, сульфатов, серы, магния, микроэлементов, растворимых фторидов, растворимого кальция, нерастворимых веществ, микропримесей металлов в хелатной форме, гранулометрический состав с использованием методов рентгеновской дифракции, элементного состава, электронной спектроскопии и инструментально-аналитических методов.

Список литературы

1. Волкова А. В. Рынок минеральных удобрений. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Центр развития. М., 2017. 59 с.
2. Анспок П. И. Микроудобрения. 2е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат. Ленингр. Отделение, 1990. 272 с.
3. Рекомендации. Применение микроэлементов в хелатной форме при выращивании картофеля, зерновых и овощных культур. ООО «Элитные агросистемы», 2013. 17 с. [Электронный ресурс] URL: <https://vcvetu.ru/ogorod/267/index.html> (дата обращения: 24.08.2020).
4. Дятлова Н. М., Лаврова О. Ю., Темкина В. Е. и др. Применение комплексонов в сельском хозяйстве. Обзорная серия «Реактивы и особо чистые вещества». М.: НИИТЭХИМ, 1984. 31 с.
5. Назаров В. И., Глушко А. Н., Макаренков Д. А. и др. Разработка комплексных питательных составов и защитно-стимулирующих препаратов для закрытого и открытого грунта // АО «НИУИФ»: «100 лет развития науки и производства, секция I. Минеральные удобрения. Сборник материалов научно-практической конференции. Череповец, 2019. С. 67–74.

УДК 623.78

В. В. Напалкова, Г. И. Клобуков, В. И. Пономарев*Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
viktoriyaosz@mail.ru***РОЛЬ МАТЕРИНСКОГО ЭФФЕКТА И УСЛОВИЙ ЭМБРИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
В ВЫЖИВАЕМОСТИ НЕПАРНОГО ШЕЛКОПРЯДА *LYMANTRIA DISPAR* L.
(LEPIDOPTERA: EREBIDAE) НА ПОСТЭМБРИОНАЛЬНЫХ СТАДИЯХ****Ключевые слова:** непарный шелкопряд, северная граница ареала, абиотические факторы.

Непарный шелкопряд *Lymantria dispar* L. – моновольтинный вид насекомых-филлофагов, который относят к весенне-летней фенологической группе [1]. Выход и развитие личиночной стадии происходит в весенне-летний период, а в середине лета происходит окукливание и выход имаго. На вторую половину лета приходится откладка яиц и формирование эмбрионов. На «зимовку» уходит уже сформировавшийся эмбрион. В северной части ареала, особенно в регионах с континентальным климатом, температурные перепады в период развития гусениц и эмбрионов (например, возвратные заморозки), а также теплообеспеченность сезона, могут существенно повлиять на успешность развития особей непарного шелкопряда, как на раннеэмбриональных, так и постэмбриональных стадиях. Условия развития родительского поколения могут оказывать влияние на дочернее через «материнский» эффект – воздействие фенотипических особенностей родителей на фенотипические черты потомков без включения генетических механизмов [2]. Условия развития самок непарного шелкопряда в период личиночного развития влияют на плодовитость, а также на количество и состав питательных веществ в яйце, что в свою очередь отражается на выживаемости и морфофизиологических показателях ранних возрастов [3]. Высокая плотность популяции и обилие танинов в пище родительского поколения провоцирует миграционную активность у вышедших из яйца гусениц дочернего поколения [4, 5]. Сотрудниками нашей лаборатории также было установлено проявление «материнского эффекта» у зауральской популяции в период вспышки: длительные похолодания в период развития гусениц материнского поколения приводили к росту смертности и каннибализму у дочернего [6].

Целью исследования являлся анализ влияния температурных условий развития материнского поколения и эмбрионов в отложенных кладках до начала «зимовки» на успешность развития младших возрастов дочернего поколения в лабораторных условиях.

Результаты исследования показали, что выживаемость гусениц непарного шелкопряда из зауральской популяции, находящейся на северной границе ареала вида, значительно варьирует на стандартной ИПС [7] (годы лабораторного выращивания: 2008–2018): в годы наименьшей теплообеспеченности вегетационного периода наблюдается высокая смертность первых возрастов. Аналогичные результаты были получены при выращивании особей западносибирской популяции (северная граница ареала, годы выращивания: 2012–2015). У представителей южной части ареала – нижеволжская популяция – мы не наблюдали высокой смертности в период ранних возрастов (годы выращивания: 2013–2016).

Одними из важнейших отличий условий развития исследуемых популяций непарного шелкопряда являются различия климатических условий вегетационного сезона. На северной границе ареала непарный шелкопряд в указанный период сталкивается с сильными похолоданиями, а также рискует недополучить тепло, необходимое для завершения годичного жизненного цикла.

В рамках текущей работы нам не удалось достоверно выявить влияние погодных условий развития материнского поколения на развитие гусениц дочернего поколения. Возможно, это обусловлено тем, что развитие репродуктивной сферы у непарного шелкопряда приходится на старшие личиночные возраста, когда значительные колебания суточных температур редки и не повторяются из года в год. Однако нами обнаружено влияние температурных условий раннеэмбрионального развития на морфофизиологические показатели личиночного развития: большая теплообеспеченность начального периода развития эмбрионов положительно сказывается на выживаемости гусениц младших возрастов.

Список литературы

1. *Воронцов А. И.* Биологические основы защиты леса. М.: Высшая школа, 1960. 342 с.
2. *Bernardo J.* // *American Zoologist*. 1996. Vol. 36(2). P. 83–105.
3. *Mark C. E., Joseph S. E.* // *Environmental Entomology*. 2000. Vol. 29(3). P. 476–488.
4. *Rossiter M.* // *Functional Ecology*. 1991. Vol. 5(3). P. 386–393.
5. *Diss A. L., Kunkel J. G., Montgomery M. E., Leonard D. E.* // *Oecologia*. 1996. Vol. 106(4). P. 470–477.
6. *Пономарев В. И., Андреева Е. М., Шаталин Н. В. и др.* // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2009. Т. 11. № 1(2). С. 129–131.
7. *Ильиных А. В.* // *Биотехнология*. 1996. № 1. С. 42–43.

УДК 581.95

Ю. М. Саблирова, Ф. А. Темботова, Н. Л. Цепкова

Институт экологии горных территорий им. А.К. Темботова РАН,
360051, Россия, КБР, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37а,
sablirова@mail.ru

РЕДКИЕ ВИДЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

Ключевые слова: флора, редкие виды, Центральный Кавказ.

Для проведения природоохранных мероприятий требуются точные сведения о современном местонахождении редких видов сосудистых растений, включенных в федеральную и региональные Красные книги. В работе представлены новые сведения о местонахождении редких видах сосудистых растений в лесных экосистемах Центрального Кавказа.

В период 2013-2020 гг. авторами проводились флористические исследования на территории лесных участков бассейнов рек Малка, Баксан, Чегем, Черек Балкарский. При проведении натурных обследований использовали традиционные методы исследования (Миркин, 1989; Неронов, 2002). Виды сосудистых растений определяли по А. И. Галушко (Галушко, 1978; 1980а; 1980б).

По результатам исследования выявлены новые сведения о местонахождении 12 редких видов сосудистых растений, занесенных в Красную книгу Кабардино-Балкарии (2018).

Acer heldreichii ssp. trautvetteri (Medw.) E. Murray – ущ. р. Черек Балкарский, по дороге в ущ. Уштулу 43°03'649'' с. ш., Е – 43°33'282'' в. д., высота 1549 м над ур. моря (сероольшаник недотроговый).

Allium victorialis L. – 1). ущ. р. Баксан: г. Юсеньги 43°23'933'' с. ш., 42°58'940'' в. д., высота 1989 м над ур. моря (сосново-луковое сообщество); 2). г. Чегет 43°24'031'' с. ш., 42°52'081'' в. д., высота 2200 м над ур. моря (сосново-березово-разнотравное сообщество).

Betula raddeana Trautv. – 1). ущ. р. Адыл-Су 43°21'771'' с. ш., 42°69'706'' в. д., высота 2272 м над ур. моря (подрост в пойме реки); 2). ущ. р. Адыл-Су 43°21'753'' с. ш., 42°69'761'' в. д., высота 2276 м над ур. моря (подрост в пойме р. Джантуган); 3) ущ. р. Адыл-Су 43°21'626'' с. ш., 42°68'898'' в. д., высота 2316 м над ур. моря (березово-разнотравное сообщество); 4) г. Чегет 43°24'031'' с. ш., 42°52'081'' в. д., высота 2200 м над ур. моря, 5) г. Чегет 43°23'991'' с. ш., 42°51'885'' в. д., высота 2300 м над ур. моря (сосново-вейниково-разнотравное сообщество); 6) ущ. р. Малка (урочище Джилы-Су) 43°57'471'' с. ш., 42°58'561'' в. д., высота 1878 м над ур. моря (березняк разнотравный).

Phelypaea coccinea (M. Bieb.) Ruq. – г. Юсеньги 43°24'893'' с. ш., 42°59'187'' в. д., высота 1990 м над ур. моря (опушка сосняка разнотравного).

Papaver lisae N. Busch – Ущ. р. Черек Балкарский: ущ. Уштулу 49°85'141'' с. ш., 43°32'347'' в. д., высота 1790 м (сосново-можжевело-барбарисово-малиновое сообщество).

Platanthera chlorantha (Custer) Rchb. – 1) г. Чегет 43°26'149'' с. ш., 42°49'142'' в. д., высота 2268 м над ур. моря (сосново-березово-разнотравное сообщество); 2) г. Юсеньги 43°25'026'' с. ш., 42°59'676'' в. д., высота 1950 м над ур. моря (осиново-разнотравное

сообщество); 3) ущ. р. Черек Балкарский 42°26'727'' с. ш., 43°33'009'' в. д., высота 1950 м над ур. моря (сосново-вейниковое сообщество).

Rhododendron caucasicum Pall. – 1) ущ. р. Адыл-Су 43°21'669'' с. ш., 42°69'532'' в. д., высота 2265 м над ур. моря (сосново-березово-разнотравное сообщество); 2) ущ. р. Адыл-су 43°21'679'' с. ш., 42°69'099'' в. д., высота 2120 м над ур. моря (сосново-березово-родоретовое сообщество); 3) ущ. р. Адыр-Су 43°29'422'' с. ш., 42°80'753'' в. д., высота 2228 м над ур. моря (сосново-родоретовое сообщество).

Sorbus graeca (Lodd. ex Spach) Kotschy – ущ. р. Баксан, г. Шхельда 43°24'453'' с. ш., 42°54'847'' в. д., высота 2233 м над ур. моря (каменистые россыпи, опушка сосняка разнотравного).

Taxus baccata L. – ущ. р. Черек Балкарский 43°06'575'' с. ш., 43°37'610'' в. д., высота 1481 м над ур. моря (грабово-лещиново-разнотравное сообщество).

Vaccinium myrtillus L. – 1) ущ. р. Баксан: г. Шхельда 43°23'895'' с. ш., 42°65'117'' в. д., высота 1902 м над ур. моря (сосново-разнотравное сообщество); 2) г. Юсеньги 43°23'969'' с. ш., 42°59'168'' в. д., высота 1900 м над ур. моря (березово-сосново-папоротниково-валериановое сообщество); 3) ущ. р. Малка (урочище Джилы-Су) 43°57'528'' с. ш., 42°58'522'' в. д., высота 1865 м над ур. моря (березово-сосново-разнотравное сообщество).

Vaccinium vitis-idaea L. – 1) ущ. р. Адыл-Су 43°21'717'' с. ш., 42°69'053'' в. д., высота – 2232 м над ур. моря (сосново-брусничное сообщество); 2) ущ. р. Баксан, г. Шхельда 43°38'951'' с. ш., 42°65'117'' в. д., высота 1902 м над ур. моря (сосново-разнотравное сообщество); 3) ущелье р. Баксан, Поляна нарзанов 43°24'643'' с. ш., 42°53'629'' в. д., высота 1988 м над ур. моря (березово-разнотравное сообщество); 4) ущ. р. Адыр-Су 43°29'422'' с. ш., 42°80'753'' в. д., высота 2228 м над ур. моря (сосново-родоретовое сообщество); 4) г. Юсеньги 43°23'969'' с. ш., 42°59'168'' в. д., высота 1900 м над ур. моря (березово-сосново-папоротниково-валериановое сообщество); 5) ущ. р. Башиль-Аузу-Су 43°20'727'' с. ш., – 43°06'229'' в. д., высота 2084 м над ур. моря (сосново-вейниково-зеленомошное сообщество).

Список литературы

1. Миркин Б. М. Состояние и тенденции развития классификации растительности методом Браун-Бланке. Итоги науки и техники ВИНТИ. Сер. Ботаника. 1989. Современное Т. 9. 123 с.
2. Неронов В. В. Полевая практика по геоботанике в средней полосе Европейской России: Методическое пособие. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы. 2002. 139 с.
3. Галушко А. И. Флора Северного Кавказа. Определитель: в 3 томах. Ростов-на-Дону. 1978. Т. 1. 320 с.
4. Галушко А. И. Флора Северного Кавказа. Определитель: в 3 томах. Ростов-на-Дону. 1980а. Т. 2. 359 с.
5. Галушко А. И. Флора Северного Кавказа. Определитель: в 3 томах. Ростов-на-Дону. 1980б. Т. 3. 328 с.
6. Красная книга Кабардино-Балкарской республики / Отв. ред. М. Ч. Залиханов. Нальчик: ООО «Печатный двор», 2018. 496 с.

УДК 574.3

М. С. Смолянский

Волгоградский филиал ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии»,
400001, Россия, г. Волгоград, ул. Пугачевская, 1,
smolianskim@gmail.com

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ГРАНИЦЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ *CLEMATIS ORIENTALIS* L. В ПРЕДЕЛАХ ЮГА РОССИИ

Ключевые слова: ломонос восточный, климатические факторы, ареал, MaxEnt, BioClim.

Современные методы геоинформационного моделирования на основе климатических параметров позволяют с высокой долей вероятности определять особенности экологических ниш и потенциальные границы ареалов растений. Полученные в результате такого моделирования данные представляют большой интерес в вопросах сохранения и восстановления исчезающих популяций редких видов растений, особенно если вид находится в экстремальных условиях произрастания на краю ареала распространения.

Ломонос восточный (*Clematis orientalis* L.) имеет древнесредиземноморский тип ареала, на Юге России вид достоверно отмечен в Волгоградской области, Ставропольском крае, Крыму, республиках Дагестан, Ингушетия, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия и Чеченской республике. Вид занесен в Красные книги Волгоградской области и Ставропольского края [1, 2] на данных территориях *C. orientalis* представлен небольшим количеством изолированных популяций с низкой численностью.

Целью настоящего исследования является выявление основных климатических факторов, влияющих на границы распространения ломоноса восточного в пределах Юга России.

Анализ распространения вида проводился на основе гербарных коллекций России (LE, MHA, MW, MOSP, RV, VOLSU). Было проанализировано более 400 гербарных экземпляров. На основе гербарных описаний определены географические координаты 142 точек конкретных местонахождений вида. Кроме того, использовались карты точечных ареалов, представленные в публикациях зарубежных и отечественных ученых [3, 4]. В общей сложности для моделирования ареала использовано 277 точек местонахождений *C. orientalis*. В качестве источника климатических данных использовали 19 биоклиматических параметров (BioClim) усредненных за 1950-2000 гг. полученных из данных WorldClim [5].

Анализ влияния климатических факторов на распространение вида и моделирование потенциального ареала выполняли с использованием метода максимальной энтропии при помощи программы MaxEnt версия 3.3.3k [6].

В результате моделирования была получена карта распространения *C. orientalis* для Юга России, а также выявлен потенциальный ареал с оптимальными климатическими условиями произрастания вида (рисунок).

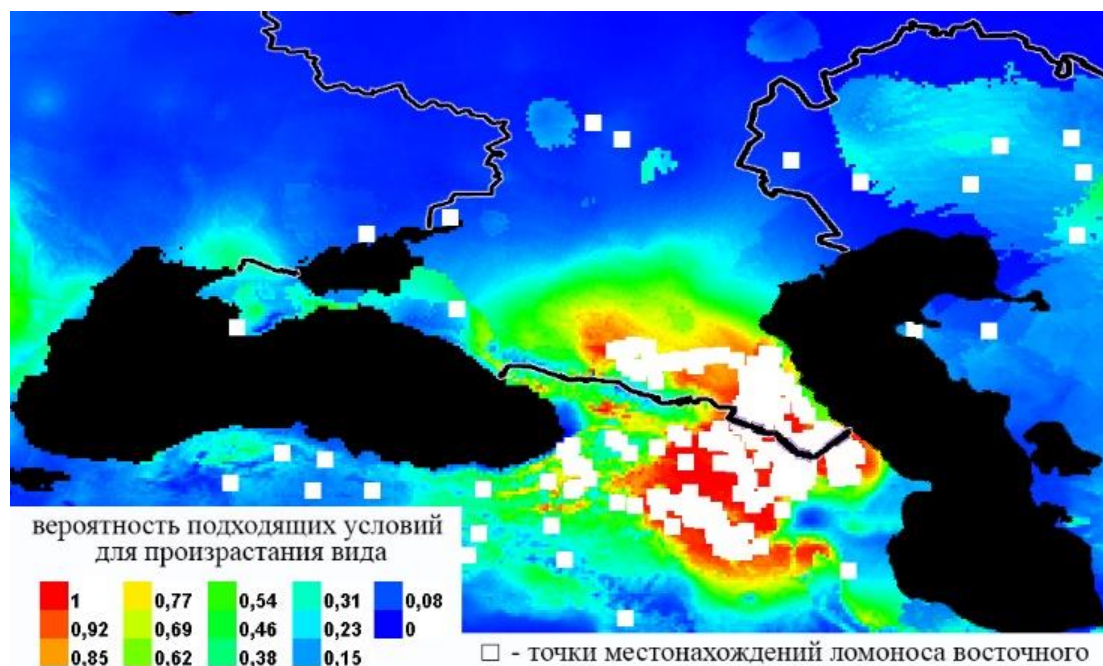


Рисунок. Модель потенциального ареала *C. orientalis* основанная на данных WorldClim

В результате проведенного анализа в среде MaxEnt выявлено, что наибольший вклад (более 15%) в итоговую модель пространственного распределения *C. orientalis* оказывает комплекс из трех факторов (таблица).

Таблица

Вклад переменных BioClim в модель потенциального распространения *C. orientalis*

Переменная	Вклад, %	Важность при пермутации, %
Bio 14 (количество осадков самого сухого месяца)	33,7	5,2
Bio 3 (изотермичность, распределение амплитуды температур)	20,0	3,8
Bio 19 (количество осадков самого холодного квартала)	18,7	22,4

Таким образом, ключевыми факторами, влияющими на формирование ареала и лимитирующими границы распространения ломоноса восточного в пределах Юга России, являются количество осадков самого сухого месяца и самого холодного квартала, а также температурный режим, характеризующийся отношением среднесуточных и среднегодовых амплитуд температур.

Список литературы

1. Красная книга Волгоградской области. Т. 2: Растения и другие организмы. Воронеж: ООО «Издат-Принт», 2017. 268 с.
2. Красная книга Ставропольского края. Самара: ООО «ДСМ», 2013. 399 с.
3. Соколов С. Я., Связева О. А., Кубли В. А. Ареалы деревьев и кустарников СССР. Л., 1980. Т. 2. С. 22. Карта 12В.
4. Brandenburg W. A. van der Neut, Jarvis C. E. // Taxon. 1987. Vol. 36(1). P. 117–126.
5. Global Climate Data [Электронный ресурс] URL: <http://worldclim.org> (дата обращения 16.09.2020).
6. Phillips S. J., Dudik M. // Ecography. 2008. Vol. 31. P. 161–175.

УДК 502.1(502.7):553.98

Н. В. Соломатин, М. Ю. Нестеренко

*Оренбургский федеральный исследовательский центр
УрО РАН (Отдел геоэкологии),
460014, Россия, г. Оренбург, ул. Набережная, 29,
nicosvs@mail.ru*

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИИ ИНТЕНСИВНОЙ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА НА ПРИМЕРЕ БАЙТУГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Ключевые слова: ландшафты, экологический каркас, пластовое давление.

Оценка эколого-хозяйственного состояния территории Оренбургской области, как региона с интенсивной добычей нефти и газа, требует учитывать не только соотношений соотношения основных групп угодий [1], но и другие факторы, оказывающие негативное воздействие на окружающую природную среду при добыче углеводородного сырья. Например, один из характерных показателей интенсивного уровня добычи углеводородного сырья - падение пластового давления от начального уровня.

Величины данного показателя изменяются от 70% и более от начального уровня пластового давления на территории промышленных объектов по добыче нефти и газа с высоким уровнем антропогенной нагрузки до 20% и менее от начального уровня пластового давления на территории с неиспользуемыми землями или территорией, граничащей с эксплуатируемыми месторождениями углеводородов.

На примере Байтуганского месторождения нефти, одного из крупнейших в Оренбургской области месторождений нефти, были проведены исследования и анализ эколого-хозяйственного состояния территории с интенсивным уровнем добычи углеводородного сырья с учетом величин падения пластового давления от начального уровня.

Байтуганское месторождение нефти, площадью более 6,5 тысяч га, расположено на территории Клявлинского и Камышлинского районов Самарской области, Северного района Оренбургской области [2]. Умеренно континентальные климатические условия благоприятны для развития природы, ее биоразнообразия и биопродуктивности, а также сельскохозяйственной деятельности, что необходимо учитывать при разработке месторождения [3–5].

Более 70% от общей площади территории месторождения занимает лес, в том числе памятники природы «Дубрава кленово-ясенниковая», «Осиновый и осиново-липовый древостой», «Ульяновско-Байтуганское междуречье». Лес является экологическим каркасом территории месторождения [6].

Долина реки Байтуган симметричная, с крутыми склонами, в основном покрытыми лесом. В бассейне реки наблюдается незначительное развитие карстовых процессов. На левобережной водораздельной возвышенности расположена значительная часть площади Байтуганского месторождения нефти, а в верховьях реки Байтуган – Ерилкинское месторождение битумов с самоизливом жидкого битума (мальты) Дегтярный Ключ [5].

Долина реки Байтуган выполняет роль сохранения и восстановления биоразнообразия, обмена информацией, веществом и энергией с другими ядрами экологического каркаса Заволжья.

Для оценки эколого-хозяйственного состояния территории месторождения использовались соотношения основных групп угодий: земли промышленности, транспорта городов, поселков, инфраструктуры, нарушенные земли, в том числе под объектами для добычи нефти; пахотные земли, пастбища; сенокосы и природоохранные и неиспользуемые земли, леса [1]. Дополнительно ранжировали территорию объекта по ландшафтам с величиной падения пластового давления от начального уровня: 60–70% и более – степень антропогенной нагрузки на территорию составляет 6 баллов, 50–60% – составляет 5 баллов, 40–50% – 4 составляет балла, 30–40% – составляет 3 балла, 20 до 30% – составляет 2 балла, менее 20% – составляет 1 балл.

Суммарное соотношение рассматриваемых угодий, с учетом фактора падения пластового давления от начального уровня, к общей площади анализируемой геосистемы показало, что уровень антропогенной нагрузки на территории Байтуганского месторождения нефти удовлетворительный и составляет величину 1,6.

В истоке реки Байтуган этот показатель возрастает до 2,3 – нагрузка удовлетворительная. В пойме реки Байтуган, при впадении в реку Сок, этот показатель из-за распашки лугово-степных склонов и гидростроительства увеличивается до 3,2 – антропогенная нагрузка неудовлетворительная.

Угрозу ландшафтному комплексу на территории Байтуганского месторождения нефти представляет нефтедобыча, вырубка леса, гидростроительство и распашки лугово-степных склонов. Долина реки Байтуган, в районе территории Байтуганского месторождения нефти, выполняет роль сохранения и восстановления биоразнообразия, обмена информацией, веществом и энергией с другими ядрами экологического каркаса Заволжья.

Список литературы

1. *Кочуров Б. И.* Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.: Инфра-М, 2016. 362 с.
2. *Нестеренко М. Ю., Цвяк А. В.* Комплексный геодинамический мониторинг крупных нефтегазодобывающих районов с использованием GNSS-технологий // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН, 2014. № 4. [Электронный ресурс] URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/AVZ-2019-4.pdf> (дата обращения: 30.09.2020).
3. *Нестеренко Ю. М.* Водная компонента аридных зон: экологическое и хозяйственное значение. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 287 с.
4. *Соломатин Н. В., Нестеренко Ю. М.* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5(79). С. 33–36.
5. *Соломатин Н. В., Нестеренко М. Ю.* Природа и эколого-хозяйственное состояние территории байтуганского месторождения нефти // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 4. [Электронный ресурс] URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2019-4/Articles/NVS-2019-4.pdf> (дата обращения: 30.09.2020).
6. Постановление правительства Самарской области "О реорганизации в форме изменения границ памятника природы регионального значения "Осиновый и осиново-липовый древостой" от 30.09.2016 № 561.

УДК 630*232:582.475.4(470.51/.54)

Г. Г. Терехов, Е. М. Андреева, С. К. Стеценко

ФГБУН Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
terekhov_g_g@mail.ru

СОСТОЯНИЕ 40-ЛЕТНИХ КУЛЬТУР КЕДРА СИБИРСКОГО, ПОСАЖЕННЫХ БИОГРУППАМИ, НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Ключевые слова: кедр сибирский, сохранность, характеристика культур кедр, повреждаемость деревьев, санитарная оценка.

Проблема искусственного восстановления кедр сибирского *Pinus sibirica* Du Tour на всем ареале вида, включая Урал, актуальна [1]. Чаще всего в культурах кедр производится рядовая посадка растений; значительно реже применяется групповая посадка (размещение нескольких растений в одной площадке с обработанной почвой) [2]. Последнее, по мнению ряда исследователей, является перспективным в определенных условиях произрастания кедр сибирского [2]. Целью настоящей работы была оценка состояния 40-летних культур кедр сибирского, созданных путем посадки биогруппами на южной границе ареала вида на Среднем Урале, а также оценка факторов различного генезиса на рост и состояние культур.

Культуры кедр сибирского были созданы в 1979 г. путем посадки сеянцев группами по 5 штук на площадку на территории Починковского участкового лесничества (кв.109) Невьянского (ранее Билимбаевское) лесничества, расположенного в подзоне южнотаежных лесов среднеуральской низкогорной провинции Уральской горной лесной области [3].

На момент исследования ни в одной площадке не сохранилось первоначальное количество посаженных деревьев (5 штук). Доля площадок, на которых присутствует 4 живых дерева составляет только 3,2% от их общего количества, по 3 дерева – 14,3%, по 2 – 15,9%, по 1 – 66,7%. Площадки с отсутствием деревьев кедр встречаются единично. Таким образом, к 40-летнему возрасту культур общее количество живых деревьев кедр разного состояния сохранилось 678 шт./га (30,8% от их исходной густоты).

По всему участку культуры кедр интенсивно зарастают естественно возобновившейся древесно-кустарниковой растительностью. Проведённые в культурах два приема лесоводственных уходов с малой интенсивностью рубки лиственных пород не очень ограничили развитие последних, поэтому в окнах или открытых пространствах растет меньше трети деревьев кедр. Остальные деревья кедр сибирского находятся под кронами ивы козьей, березы, чуть меньше – сосны и ели и единично под кронами лиственницы, пихты и осины. Состав древостоя на участке культур кедр в настоящее время 1К8Б1ЕедПх,Лц. Нахождение под кронами приводит к угнетению роста кедр, наблюдается охлёт, механическое повреждение молодых побегов осевой точки верхушки, в результате образуется несколько (2–5) вершин, тем самым, повышается риск снеголома (отмечен у 7,5% исследованных деревьев).

Ранее нами было установлено, что на участках культур кедр в соседних участковых лесничествах (Починковском и Билимбаевском) лоси могут наносить им значительный вред [4, 5]. Первичное повреждение лосем деревьев кедр отмечается на высоте стволика 0,7 м

(возраст культур 9–12 лет), то есть выше снежного покрова. «Скусывание» верхушки приводит к повреждению, а иногда и усыханию главного побега кедра, появлению пасынков и многостольности. Среди исследованных деревьев кедра было 16,1% двухствольных и 2,2% – многоствольных. Часто замещение осевого побега происходит за счёт развития боковых побегов, которые со временем также повреждаются лосями. У деревьев высотой более 3 м отмечены повреждения коры лосями, многократное (двукратное и более) – у 11,8% деревьев.

Оценка санитарного состояния 40-летних культур показала, что деревья кедра сибирского преимущественно принадлежат ко II-III категориям, деревья пятой категории отсутствуют, шестая представлена единично. Средний балл санитарного состояния насаждения равен 2,4. Таким образом, данные культуры кедра сибирского относятся к насаждениям неудовлетворительного санитарного состояния [6].

Результаты исследования культур, посаженных биогруппами, позволили выявить, что к 40-летнему возрасту на участке сохранилось около одной трети живых деревьев кедра сибирского от исходного числа посаженных. Основным фактором, снижающим сохранность кедра, являются дикие животные (лоси), надёжных защитных мер от которых пока нет. Угнетающее влияние лосей на состояние искусственного насаждения кедра сибирского начинается с 9–12-летнего возраста культур и продолжается на протяжении 30 лет. Вторым фактором, ухудшающим состояние и рост деревьев кедра, являются естественно возобновившиеся деревья, преимущественно лиственные. Всё это требует проведения своевременных лесохозяйственных мероприятий и защитных мер против лосей.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

Список литературы

1. Дебков Н. М., Панёвин В. С. // Лесн. журн. (Изв. высш. учеб. заведений). 2019. № 2. С. 9–21.
2. Иматов А. Р., Чиндяев А. С. // Леса Урала и хозяйство в них. 1994. Вып. 17. С. 59–69.
3. Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области (практические рекомендации). Свердловск, 1974. 176 с.
4. Терехов Г. Г., Стеценко С. К., Андреева Е. М. и др. // Лесотехнический журнал. 2018. Т. 8. № 2(30). С. 95–104.
5. Андреева Е. М., Терехов Г. Г., Стеценко С. К. и др. // Естественные и технические науки. 2019. № 10(136). С. 172–176.
6. Болезни и вредители в лесах России. Том 3. Методы мониторинга вредителей и болезней леса / Под общ. ред. В. К. Тузова. М.: ВНИИЛМ, 2004. 200 с.

УДК 630*187

**В. В. Фомин^{1,2}, Н. С. Иванова³,
А. Михайлович⁴, Е. С. Золотова⁵**

¹Научно-образовательный центр дендроэкологии и садоводства,
Уральский государственный лесотехнический университет,
Россия, г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37,
fomval@gmail.com,

²Институт Экологии растений и животных УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202,
fomval@gmail.com,

³Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
i.n.s@bk.ru,

⁴Физико-технический институт Уральского федерального университета,
Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 21,

⁵Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН,
Россия, г. Екатеринбург, ул. Академика Вонсовского, 15,
afalinakate@gmail.com

ПРОБЛЕМА КЛИМАТОГЕННОЙ ДИНАМИКИ В ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЛЕСНОЙ ТИПОЛОГИИ

Ключевые слова: лесная типология, горные леса, климатический фактор.

Изменение климата сопровождается изменением состава и структуры лесов, снижению продуктивности и биоразнообразия, что может привести к потере устойчивости экосистем [1]. Это необходимо учитывать для обеспечения устойчивого лесопользования. Природоохранные и лесовосстановительные мероприятия в Российской Федерации разрабатываются на основе лесной типологии. Однако проблема климатогенной динамики является сравнительно новой и требует совершенствования теоретико-методологической базы. В этом контексте более перспективна генетическая лесная типология, так как она ориентирована на учет лесной динамики (в том числе и климатогенной) [2].

Цель настоящей статьи – обобщение результатов исследований климатогенной динамики лесной растительности, выполненных на основе генетической лесной типологии, обсуждение преимуществ и недостатков используемых подходов и методов к сбору и анализу данных.

Данных о влиянии изменений климата на типологические характеристики равнинных лесов Российской Федерации и стран, входивших в состав СССР еще относительно мало [3]. В отличие от равнинных территорий, для горных лесов Урала выявлено, что региональное потепление и увлажнение климата на Урале во второй половине XX века способствовало вертикальному подъему древесной растительности в высокогорьях Урала [4]. Кроме широко используемого дендрохронологического анализа на настоящий момент предложен оригинальный и перспективный метод, который заключается в анализе разновременных наземных ландшафтных фотоснимков [5].

Для вычленения действия климатических факторов на лесные экосистемы в оптимальных для древесных растений условиях таежной зоны требуются специальные методы анализа данных, например, ДСА и экологические шкалы [6]. Для изучения механизмов климатогенных смен, выявления кризисных ситуаций, оценки устойчивости лесных сообществ апробирована теория катастроф Рене Тома [7, 8]. Достоинством подхода является выведение результатов в виде графиков потенциальных функций [8]. Если сама методика требует достаточной математической подготовки, то интерпретация результатов не представляет сложности и может использоваться даже в условиях скудной статистики [7, 8].

Дальнейшие исследования будут направлены на изучение влияния климатических факторов на структуру и разнообразие лесов, их восстановительно-возрастную динамику, разработку новых методов анализа, рассмотрению феноменов, связанных с таянием вечной мерзлоты.

Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН, Института геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН (гос. регистрации № АААА-А18-118052590028-9), поддержана РФФИ (грант № 18-34-00803 мол_а) и грантом Министерства образования и науки Российской Федерации FEUG-2020-0013.

Список литературы

1. *Iverson L. R., Prasad A. M., Matthews S. N., Peters M.* // Forest Ecology and Management. 2008. Vol. 254(3). P. 390–406.
2. *Fomin V. V., Zalesov S. V., Popov A. S., Mikhailovich A. P.* // Can. J. For Res. 2017. Vol. 47. P. 849–860.
3. *Baginsky V. F.* Dynamics of productivity of pine stands of Belarusian woodlands by types of forest in connection with climate change // Forest typology: modern methods for distinguishing forest types, classification and zoning of forest vegetation: Materials of the International Scientific Seminar. Minsk: Kolorgrad, 2016. P. 73–83. [in Russian]
4. *Shiyatov S. G., Terent'ev M. M., Fomin V. V., Zimmermann N. E.* // Russian Journal of Ecology. 2007. Vol. 38(4). P. 223–227.
5. *Fomin V. V., Mikhailovich A. P., Shiyatov S. G.* // Russian Journal of Ecology. 2015. Vol. 46(5). P. 397–404.
6. *Золотова Е. С., Иванова Н. С.* // Фундаментальные исследования. 2015. № 2(23). С. 5114–5119.
7. *Ivanova N. S., Zolotova E. S.* // Population Dynamics: Analysis, Modelling, Forecast. 2013. № 2. P. 50–60.
8. *Ivanova N. S.* // International Journal of Bio-resource and Stress Management. 2018. Vol. 9(2). P. 257–261.

УДК 595.132.1

Р. В. Хусаинов

Центр паразитологии Института проблем экологии и эволюции
им. А.Н. Северцова РАН,
119701, Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, 33,
ren.khusainov@gmail.com

ФИТОНЕМАТОДЫ ПОЛЕЙ КАПУСТЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Ключевые слова: нематоды, фитопаразиты, фауна, капуста, Центрально-Европейская Россия.

Рынок выращивания белокочанной и цветной капусты в России становится более требователен к качеству производства продукции. Вредоносные организмы, в том числе и нематоды, способны оказывать отрицательное влияние не только на урожайность, но и на внешний вид, длительность хранения и химический состав кочанов. Хозяйственно-значимыми группами нематод на капусте являются галловые (*Meloydogyne* spp.) [1], мигрирующие (*Pratylenchus* spp.) [2] и цистообразующие (*Heterodera cruciferae*) [3] виды. Научные данные по видовому разнообразию и вредоносности фитопаразитических нематод капусты фактически не обновлялись в течение 40 лет [4–6]. Целью работы являлось изучение фауны нематод и оценка их вредоносности в посадках капусты в контексте мониторинга хозяйственно-значимых фитопаразитических видов и совершенствовании мер борьбы с ними.

Почвенные пробы отбирались в летний период с полей белокочанной и цветной капусты на территории Тверской, Московской, Калужской, Тульской, Орловской и Воронежской областей в 2014–2016 гг. Всего было обследовано около 900 га полей посадок капусты белокочанной и 200 га капусты цветной маршрутным методом. Глубина отбора составляла 15–25 см. Нематод из субстрата выделяли вороночным методом или отмыванием на ситах. Нематод нагревали в течении 2–3 мин. при 55°C, затем фиксировали 4-% раствором формалина. Таксономическое распределение фитонематод осуществляли согласно классификации, предложенной в монографии Manzanilla-Lopez & Marban-Mendoza (2012).

По результатам эколого-таксономического анализа в ризосфере капусты были выявлены представители всех трофических групп нематод, которые включали в себя 56 родов из 28 семейств 9 отрядов. Доминирующими нематодами, как по разнообразию, так и по численности были бактериофаги. В таксономическом плане они включали: цефалобид, рабдитид, плектид и панагролаймид. Реже и в меньшей численности отмечались алаймиды и монхистериды. Микофаги были представлены родами из разнообразных трофических групп – *Aglenchus*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Basiria*, *Diphterophora*, *Ditylenchus*, *Filenchus*, *Malenchus*, *Paraphelenchus*, *Psylenchus*, *Tylenchus*, *Tylencholaimellus* и др. По видовому разнообразию и численности преобладали рода *Aphelenchoides* и *Filenchus*. Среди хищников и разнородных доминировали различные дориллаймиды. Диплогастериды, мононхиды и сейнуры встречались реже, и в небольшой численности.

Фитопаразитические виды были представлены следующими группами нематод: гоппололаймиды (*Helicotylenchus*, *Rotylenchus*), долиходориды (*Nagelus*, *Tylenchorhynchus*), пратиленхиды (*Pratylenchus*), паратиленхины (*Paratylenchus*), лонгидориды (*Longidorus*),

дитиленхи (*Ditylenchus*), гетеродеры (*Heterodera*) и мелойдогины (*Meloidogyne*). Чаще всего обнаруживались пратиленхи (94% почвенных проб), паратиленхи (82%), тиленхоринхи (59%) и геликотиленхи (46%). Криконемы встречались крайне редко (2%), в количестве единичных особей. Триходориды не отмечены. Видовое разнообразие было характерно для геликотиленхов, паратиленхов и пратиленхов. Наибольшая численность зарегистрирована для пратиленхов (до 152 особей /100 см³ почвы), паратиленхов (124 особей /100 см³ почвы), а также тиленхоринхов (88 особей /100 см³ почвы). Из пратиленхид отмечены виды *P. crenatus*, *P. neglectus*, *P. vulnus* и *P. sp.*, а из гоглолаймид – *Helicotylenchus digonicus*, *H. pseudorobustus*, *H. sp.* и *Rotylenchus robustus*. Из нематод сем. Longidoridae обнаружено два вида – *Longidorus elongatus* и *L. leptcephalus* (от 2 до 40 особей на 100 см³ почвы). *Ditylenchus destructor* выявлен единожды, на полях капусты в Московской области, в численности 2–8 особей на 100 см³ почвы. Цистообразующие нематоды встречались редко и представлены видами *Heterodera cruciferae*, *H. pratensis* и *H. trifolii*. Их численность составляла 4–26 цист на 100 см³ почвы. *H. cruciferae* отмечена на капусте на территории Тверской, Калужской и Тульской областей. Из галловых нематод обнаружен вид *Meloidogyne hapla*, в численности до 56 личинок на 100 см³ почвы. Данная мелойдогина зафиксированна на полях капусты в Тверской, Московской и Воронежской областях.

В целом фауна нематод ризосферы посадок капусты в эколого-таксономическом плане была типичной для агроценоза, но их состав и численность могла в значительной степени варьировать по полям. Различий по видовому составу на региональном уровне не выявлено. Соотношение тех или иных таксономических групп преимущественно зависело от наличия и состава сорной растительности, а также от рельефа местности и типа почвы. Зависимости между очагами угнетения растений и наличием в почве фитопаразитических нематод не наблюдалось. Тем не менее, высокая численность таких паразитических видов, как *Heterodera cruciferae*, *Longidorus elongatus* и *Pratylenchus crenatus* может быть потенциальной причиной угнетения или гибели растений капусты в период от начального роста розетки до накопления листовой массы.

Список литературы

1. Navas-Cortés J. A., Vovlas N., Trisciuzzi N. et al. // *Nematologica Mediterranea*. 2010. Vol. 38(1). P. 39–43.
2. Olthof T. H. A., Potter J. W. // *Phytopathology*. 1973. Vol. 63. P. 577–582.
3. Chizhov V. N., Pridannikov M. V., Nasonova L. V., Subbotin S. A. // *Russian Journal of Nematology*. 2009. Vol. 17(2). P. 107–113.
4. Кирьянова Е. С., Краль Э. Л. Паразитические нематоды растений и меры борьбы с ними. Л.: Наука, 1969. Т. 1. 447 с.
5. Мухина Т. И. Фауна нематод основных овощных культур в Приморском Крае // Тезисы совещания «Нематодные болезни с.-х. культур и меры борьбы с ними» (Москва, декабрь). М.: ВАСХНИЛ, 1972. С. 167–168.
6. Соловьева Г. И. Заметки по экологии и таксономии нематод столовой капусты (*Brassica capitata* Litzg.) и сорняков, связанных с ней. Биологические основы борьбы с трансмиссивными и паразитарными заболеваниями на севере. Петрозаводск: Изд-во «Карелия», 1972. С. 29–66.

УДК 504.75.05

Д. А. Черных, О. В. Тасейко*Красноярский филиал ФИЦ ИВТ,**660049, Россия, г. Красноярск, просп. Мира, 53,**krasn@ict.nsc.ru,**Сибирский государственный университет науки и технологий**имени академика М.Ф. Решетнева,**660037, Россия, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31,**info@sibsau.ru*

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА СМЕРТНОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ КРАСНОЯРСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Ключевые слова: качество атмосферного воздуха, относительный риск смертности, смертность.

Промышленный рост позволил достичь значительных успехов в области технологий, общества и услуг, однако, также инициировал выброс загрязняющих веществ в больших объемах, которые оказывают крайне негативный эффект на здоровье населения [1].

Поскольку крупные города зачастую страдают от сильного загрязнения атмосферного воздуха, они требуют тщательной оценки состояния для защиты населения и важной экономической деятельности, осуществляемой в них. Именно из-за экономической деятельности в крупных городах окружающей среде отводится второстепенное значение. При этом, респираторные и сердечно-сосудистые заболевания были связаны с воздействием загрязненного атмосферного воздуха, с разной степенью тяжести, от незначительного раздражения до гибели [1, 2].

За последние десятилетия эпидемиологические исследования позволили оценить рост заболеваемости и смертности, связанный с загрязнением воздуха. По мере накопления доказательств о синергетическом воздействии загрязненного воздуха на здоровье населения, ВОЗ и правительства европейских стран начали использовать данные актуальных исследований для обоснования экологической политики. Оценка риска здоровью и смертности населения от негативного воздействия качества окружающей среды становится все более важным элементом обсуждения [3].

В связи с наличием крупных промышленных агломераций и климатических особенностей для Красноярского края актуален анализ риска от воздействия атмосферных загрязнителей на уровни смертности населения.

Население Красноярска, для которого проводилась оценка влияния климатических изменений на показатели смертности [4], было разделено на две возрастные группы: 1-я группа – от 30 до 64 лет, 2-я группа – от 65 лет и старше.

Относительный риск смертности от воздействия диоксида азота и PM_{10} (взвешенные частицы до 10 мкм) рассчитывался по формуле (1) [5]:

$$RR_L = \max_{j=0, \dots, L} \frac{\sum_{i=j}^{N-1+j} M_{D+i+j}}{NM_{D+j}^{\Phi}}, \quad (1)$$

где RR – относительный риск смертности;

L – лаг (отставание эффекта во времени);

N – период негативного воздействия;

D – первый день негативного воздействия;

Φ – фоновая смертность.

Анализ среднегодовых концентраций загрязняющих веществ [6] в г. Красноярске за период с 2006 по 2016 гг. показал, что наибольшая концентрация загрязняющих веществ наблюдалась в 2009 и 2010 гг., что может быть связано с изменением метеорологических параметров. Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит оксид углерода – 75% и взвешенные вещества – 12%. Наименьший вклад вносит бенз(а)пирен – 0,0003%.

Изучение относительного риска смертности (2013-2014 гг.) в период превышения концентраций ПДК диоксида азота и PM_{10} статистически значимо установлено возрастание смертности для четырех ее показателей: болезни системы кровообращения в возрастных группах 30–64 и от 65 лет и старше, болезни органов дыхания в возрастной группе от 65 лет и старше.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края и Краевого фонда науки в рамках научного проекта № 19-413-240013 «Методология оценки риска от влияния факторов окружающей среды на здоровье и смертность населения промышленных агломераций».

Список литературы

1. *Borja-Aburto V., Rosales-castillo J. et al.* Evaluation of health effects of pollution, 2020. 61 p.
2. *Wilson R., Spengler J. D.* Harvard School of Public Health. Cambridge MA: Harvard University Press, 1996. 259 p.
3. European centre for environment and health. Quantification of the Health Effects of Exposure to Air Pollution. Bilthoven, Netherlands: World Health Organization, 2000. 30 p.
4. Управление Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва. [Электронный ресурс] URL: <https://krasstat.gks.ru> (дата обращения 30.09.2020).
5. *Варакина Ж. Л., Юрасова У. Д., Ревич Б. А. и др.* // Экология человека. 2011. № 6. С. 115–127.
6. Центр Реализации Мероприятий по Природопользованию и Охране Окружающей Среды Красноярского края. [Электронный ресурс] URL: <https://krasecology.ru/About> (дата обращения 30.09.2020).

УДК 574.3

Е. А. Шарова¹, А. Д. Шарова²¹ФГБУН Ботанический сад УрО РАН,
620014, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
eakosheleva@mail.ru²Фармацевтический филиал ГБПОУ Сомк,
620034, Россия, г. Екатеринбург, ул. Бебеля, 71,
anna.sharova01@bk.ru

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *ACHILLEA MILLEFOLIUM* L. В УСЛОВИЯХ ПРОИЗРАСТАНИЯ БАЙКАЛОВСКОГО РАЙОНА

Ключевые слова: тысячелистник обыкновенный, морфологические признаки, флавоноиды.

Сложной задачей современной биологической науки является влияние атмосферных и водных примесей антропогенного происхождения на организмы растений. Характер и степень воздействия поллютантов на растения зависят не только от особенностей структуры веществ, их концентрации и дозы, но и от факторов окружающей среды – климатических, орографических, погодных условий, физико-химических особенностей почвенного покрова, характеристик растительного покрова, а также от особенностей самого организма – таксономической принадлежности, сорта, возраста, фенофазы, особенностей филогенеза и генотипа [1, 2].

В зависимости от вышеперечисленных факторов фитотоксичные примеси нередко приводят к выраженным морфологическим, анатомическим, физиологическим, биохимическим и генетическим изменениям растений [3, 4].

Тысячелистник обыкновенный – это лекарственное растений, которое занимает важное место в практической жизни человека, и изучение его экологии представляется актуальным. Исследование проводили на территории Байкаловского района Свердловской области. В данной местности находится одно промышленное предприятие АО «Ирбитский молочный завод» филиал «Байкаловский». В связи с этим было проведено исследования по влиянию сбросов и выбросов с АО «Ирбитский молочный завод» филиал «Байкаловский» на ценопопуляции растений тысячелистника обыкновенного. Были рассмотрены 3 ценопопуляции: ЦП 1 располагалась вблизи завода, непосредственно в ближайшей близости от места сброса воды в р. Сарабайка, на правом берегу в пойме р. Сарабайка, ЦП 2 была заложена в 2 км от завода по течению р. Сарабайка, ЦП 3 находилась в 7 км от завода по течению р. Сарабайка, в пойме реки. Растения собирали в фазу массового цветения, затем сушили и закладывали гербарий. Для сравнительной оценки морфологических особенностей тысячелистника обыкновенного использовали следующие признаки и параметры: высота растения (см), число листьев (шт.), число корзинок в щитке (шт.), длина (см) и ширина (мм) листовой пластинки нижнего, среднего и верхнего яруса. Для количественного определения суммы флавоноидов в траве использовали методику О.В. Евдокимовой (2007) [5].

В результате исследования выявлено, что наименьшие морфологические параметры характерны для растений *A. millefolium* произрастающих в ближайшей близости от сброса воды с выбросами, но при этом данные растения обладают большим содержанием

флавоноидов в сырье. Также следует отметить, что все данные полученные по содержанию флавоноидов высокие и составляют от 0,17% до 2,19%, что говорит о лечебных свойствах исследуемого растения. По результатам работы видно, что выбросы с завода входят в нормы указанные в нормативной документации и большого загрязнения на исследуемый вид не оказывают, но следует помнить, что для использования *A. millefolium* в медицинских целях его сбор следует проводить вдали от сельской местности, различных предприятий и дорог.

Работа выполнена при поддержке ФНИ государственных академий наук «Исследование и охрана фенотипического и генетического биологического разнообразия флоры и растительности России» № АААА-А17-117072810010-1.

Список литературы

1. *Барахтенева Л. А., Николаевский В. С.* Влияние сернистого газа на фотосинтез растений. Новосибирск: Наука, 1988. 83 с.
2. *Немерешина О. Н., Гусев Н. Ф.* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 2(30). С. 218–224.
3. *Жуйкова Т. В., Позолотина В. Н., Безель В. С.* // Экология. 1999. № 3. С. 189–196.
4. *Тарабрин В. П.* Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука, 1980. С. 18–29.
5. *Евдокимова О. В.* // Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация. 2007. № 2. С. 155–160.

УДК 574.5:574.24

Д. А. Щукина, Г. Г. Борисова, М. Г. Малева, Т. С. Иванова

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,
postnikdaria@rambler.ru

ИНВАЗИВНЫЕ ГИДРОФИТЫ КАК ИНДИКАТОРЫ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДОЕМЫ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

Ключевые слова: элодея канадская, ряска горбатая, водные объекты, растительные инвазии, биоразнообразие.

Высшие водные растения *Elodea canadensis* Michx. (элодея канадская) и *Lemna gibba* L. (ряска горбатая) являются адвентивными («чужеродными») видами, которые активно расселяются по всему миру. Из-за способности вытеснять аборигенные растения из природных сообществ их можно отнести к инвазивным видам, отличающимся особой агрессивностью и представляющим угрозу местному биоразнообразию. Натурализации инвазивных видов на новых территориях способствует наличие открытых растительных сообществ, обладающих свободными экологическими нишами, которые появляются в результате антропогенного воздействия [1]. Погруженный гидрофит *E. canadensis* стал активно расселяться по водным экосистемам Среднего Урала и Зауралья с конца XIX века [2]. Плавающий гидрофит *L. gibba* является достаточно распространенным в теплых регионах мира, однако в последнее время этот вид начал быстро распространяться и в умеренных областях Северного полушария, в том числе на территории России [3].

Целью работы было исследование водоемов г. Екатеринбурга и его окрестностей для обнаружения инвазивных гидрофитов в условиях вторичного ареала и оценки их влияния на гидроценозы. В июле и августе 2020 года было проведено обследование водоемов, расположенных на реках Исеть, Чусовая и Пышма и их притоках. Всего было охвачено 37 водных объектов (рисунок). Присутствие *E. canadensis* отмечено в 25-ти водоемах (доля от общего числа обследованных водных объектов составляла 68%). Во многих из них элодея образовывала густые заросли с единичным включением рдестов гребенчатого и блестящего, роголистника, стрелолиста и других гидрофитов. *L. gibba* присутствовала в 10-ти водоемах (27%). В большинстве водоемов она произрастала совместно с ряской малой и многокоренником обыкновенным, часто имея более низкую численность популяции, чем у них. Оба изучаемых вида совместно произрастали в 6-ти водоемах (16%), ни одного из них не было обнаружено в 8-ми (22%).

Проведенные ранее исследования в природных местообитаниях Свердловской области с разным уровнем токсической нагрузки продемонстрировали высокий аккумулятивный потенциал *E. canadensis* и *L. gibba* по отношению к таким тяжелым металлам (ТМ), как Cu, Ni, Zn, Mn, Fe [4, 5], а также устойчивость пигментного комплекса этих видов к длительному техногенному воздействию.

Вероятно, способность изучаемых гидрофитов адаптироваться к повышенным концентрациям ТМ и других поллютантов позволяет им быть более конкурентоспособными по сравнению с представителями местной флоры и успешно внедряться на новые территории в условиях повышенного антропогенного воздействия.

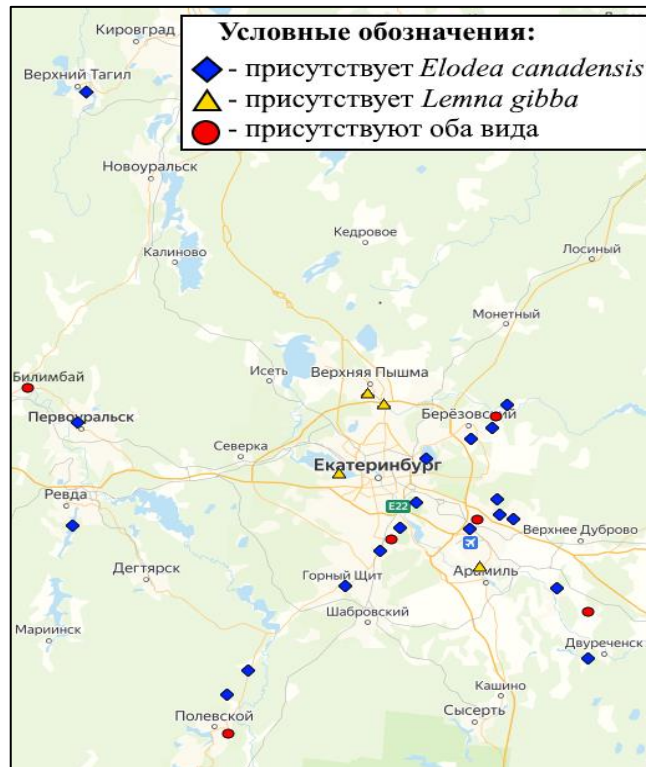


Рисунок. Обнаруженные местообитания *E. canadensis* и *L. gibba* в водоемах г. Екатеринбурга и его окрестностей

Результаты проведенного мониторинга за инвазивными гидрофитами показали их достаточно высокий уровень распространения в водоемах вблизи г. Екатеринбурга, что вызывает озабоченность по поводу их потенциального влияния на состояние гидроценозов. В условиях значительной антропогенной нагрузки не до конца понятен характер взаимодействия между инвазивными и аборигенными видами растений. С одной стороны, благодаря своей способности аккумулировать ТМ *E. canadensis* и *L. gibba* могут способствовать восстановлению водотоков и водоемов; а с другой, из-за высокой инвазионной активности они представляют угрозу биоразнообразию. Проведение более детальных исследований позволит в будущем оценить последствия натурализации инвазивных видов в нарушенных местообитаниях.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-04-08380 А) и Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение 02.А03.21.0006).

Список литературы

1. Абрамова Л. М. // Экология. 2012. № 5. С. 324–324.
2. Базарова Б. Б., Пронин Н. М. // Российский журнал биологических инвазий. 2010. № 3(3). С. 2–12.
3. Капитонова О. А. // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2019. № 18 (1). С. 127–131.
4. Борисова Г. Г., Малева М. Г., Щукина Д. А., Солоницына А. В. // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2020. № 6. С. 36–40.
5. Щукина Д. А., Чукина Н. В., Малева М. Г., Борисова Г. Г. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 1. С. 108–123.

Секция
«Методы молекулярной генетики
в защите растений»

УДК 575:582.5

К. А. Коваленко¹,
О. Е. Валуйских², Д. М. Шадрин²

¹Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
167000, Россия, г. Сыктывкар, ул. Петрозаводская, 12,
Kirakovalenko826@gmail.com,

²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
167000, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24,
valuyских@ib.komisc.ru

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОХРАНЯЕМОГО В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ ВИДА *PARRYA NUDICAULIS* (L.) BOISS. С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ITS2

Ключевые слова: *Parrya nudicaulis*, ITS2, ДНК-штрихкодирование.

В настоящее время методы молекулярной идентификации, в частности – ДНК-штрихкодирование, активно применяются специалистами в области биоразнообразия и защиты исчезающих видов растений. Среди принятых для растений молекулярных маркеров, используемых в видовой идентификации растений, наиболее часто используется последовательность внутреннего транскрибируемого спейсера ядерной ДНК – ITS2 [1, 2]. Настоящая работа направлена на оценку возможности использования нуклеотидной последовательности ITS2 для идентификации охраняемого в Республике Коми вида растений – *Parrya nudicaulis* (L.) Boiss. (Brassicaceae). Это многолетнее травянистое поликарпическое растение с новоземельско-уральско-азиатско-западно-американским ареалом [2]. В Республике Коми *P. nudicaulis* спорадически встречается на Полярном и Приполярном Урале в горных тундрах и подлежит охране [4].

Для получения нуклеотидной последовательности ITS2 и проведения молекулярно-генетического анализа использован гербарный образец *P. nudicaulis* (лист), собранный в 2017 году на Северном Урале (Республика Коми). ПЦР фрагмента ITS1-5.8s-ITS2. Для амплификации фрагмента ITS2 были использованы прямой и обратный праймеры ITS5 и ITS4, соответственно. В сравнительном анализе последовательностей ITS2 для видов рода *Parrya*, также использовали нуклеотидные последовательности, взятые из базы данных NCBI [5]. Выравнивание и последующий анализ последовательностей проводили в программе MEGA X [6].

Для построения филогенетического дерева использовано 27 последовательностей представителей рода *Parrya*, в том числе пять последовательностей для *P. nudicaulis* из разных частей ареала (Чукотка, Аляска, Канада и Тибет) и новая последовательность с Северного Урала. Установлено, что на филогенетическом дереве все образцы *P. nudicaulis* сгруппированы к отдельному кладу.

Для ITS2 региона отмечена низкая вариабельность: последовательности практически полностью идентичны и имеют лишь несущественные различия в виде небольшой делеции и одной парсимони-информативной замены.

Таким образом, нами выявлено, что в базе данных NCBI представлено достаточно большое число последовательностей ITS2 для видов рода *Parrya*, в том числе для охраняемого

в Республике Коми вида *P. nudicaulis*. Получена последовательность ITS2 для *P. nudicaulis* с Северного Урала (Республика Коми) и показано положение анализируемого образца на филогенетическом дереве среди видов рода *Parrya*. Сравнительный анализ последовательностей ITS2 у представителей данного рода позволили идентифицировать гербарный образец с Северного Урала как *P. nudicaulis*.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Разнообразие растительного мира западного макросклона Приполярного Урала» (№ АААА–А19–119011790022–1).

Список литературы

1. *Rashmi K. V., Sathyanarayana N., Vidya S. M.* // Plant Gene. 2017. Vol. 12. P. 98–104.
2. *Zhou Y., Du X., Zheng X. et al.* // Biochemical Systematics and Ecology. 2017. Vol. 70. P. 177–185.
3. *Секретарева Н. А.* Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 131 с.
4. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2019. 768 с.
5. NCBI (2020) National Center for Biotechnology Information. [Published on-line] URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (date of access: 30.09.2020).
6. *Kumar S., Stecher G., Li M. et al.* // Molecular Biology and Evolution. 2018. Vol. 35(6). P. 1547–1549.

УДК 632.9

**М. А. Панфилова, Э. А. Хуснутдинов,
М. Ю. Шеин, А. С. Сухарева,
Б. Р. Кулуев, Е. В. Михайлова**

*Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН,
450054, Россия, г. Уфа, Проспект октября, 71,
mikhele@list.ru*

РЕДАКТИРОВАНИЕ ГЕНА *CAPRICE* РАПСА ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ АНТОЦИАНОВОЙ ОКРАСКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ РОЛИ АНТОЦИАНОВ В УСТОЙЧИВОСТИ К СТРЕССАМ

Ключевые слова: антоцианы, *CAPRICE*, *CPC*, MYB.

CAPRICE (*CPC*) [1] – один из семи R3-транскрипционных факторов MYB с единственным повтором, идентифицированных у арабидопсиса [2]. Они задействованы в дифференциации корневых волосков, формировании пор и трихом и имеют всего один ДНК-связывающий домен. Имеются также данные о том, что у арабидопсиса этот транскрипционный фактор является негативным регулятором антоциановой окраски. Сверхэкспрессия гена *CPC* приводила к исчезновению антоциановой окраски в условиях стресса [1].

Нокаут данного гена, вероятно, может приводить к повышенному накоплению антоцианов в растениях. Гипераккумуляцию антоцианов связывают с устойчивостью растений к абиотическому стрессу, вредителям, фитопатогенным грибам и бактериальным заболеваниям [3–5].

Рапс является ценной сельскохозяйственной культурой, подверженной грибным заболеваниям и атакам вредителей. Получение стрессоустойчивых биотехнологических сортов рапса крайне актуально, однако функции многих его генов, являющихся ортологами генов родственного ему арабидопсиса, до сих пор не изучены. Биоинформатический анализ показал, что кодирующая последовательность ортологов гена *CPC* у рапса существенно меньше, чем у арабидопсиса. Повлияло ли это на функции транскрипционных факторов *CAPRICE*, не установлено.

Чтобы исследовать данный вопрос, был проведен дизайн спейсеров гидовых РНК для нокаута данного гена у рапса. Спейсеры были клонированы в вектор pDIRECT_23A [6], и оценка транзientной экспрессии полученных конструкций для геномного редактирования была сделана методом агроинфильтрации листьев рапса [7].

В результате было показано, что роль генов *CPC* у рапса сохраняется, несмотря на практически в два раза меньший размер белкового продукта. На обработанных сегментах листьев наблюдалась антоциановая окраска. Показана важность подбора спейсера гидовой РНК к ДНК-связывающему домену для осуществления нокаута гена *CPC*. Трансформанты с нокаутированным геном *CPC* могут быть использованы для исследования роли антоцианов в обеспечении стрессоустойчивости растений и получения новых сортов рапса.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ №20-74-10053.

Список литературы

1. Zhu H. F., Fitzsimmons K., Khandelwal A., Kranz R. G. // *Molecular Plant*. 2009. Vol. 2(4). P. 790–802.
2. Wang S., Chen J. G. // *Frontiers in Plant Science*. 2014. Vol. 5. 133.
3. Mitsunami T., Nishihara M., Galis I. et al. // *PLoS One*. 2014. Vol. 9(9). e108849.
4. Gandikota M., de Kochko A., Chen L. et al. // *Molecular Breeding*. 2001. Vol. 7(1). P. 73–83.
5. Shoeva O. Y. U., Gordeeva E. I., Arbuzova V. S., Khlestkina E. K. // *Cereal Research Communications*. 2017. Vol. 45(1). P. 47–56.
6. Čermák T., Curtin S. J., Gil-Humanes J. et al. // *The Plant Cell*. 2017. Vol. 29(6). P. 1196–1217.
7. Mooney B. C., Graciet E. A. // *Plant Direct*. 2020. Vol. 4(7). e00237.

УДК 581.149:575.164

А. В. Санникова, Л. Р. Валеева, М. Р. Шарипова, Е. В. Шакиров

*Казанский (Приволжский) Федеральный Университет,
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18,
Anastasya.sannikova@bk.ru.*

РОЛЬ ГЕНОВ TRF-ПОДОБНЫХ БЕЛКОВ В РЕГУЛЯЦИИ ДЛИНЫ ТЕЛОМЕР У *PHYSCOMITRELLA PATENS*

Ключевые слова: теломеры, TRF-подобные белки, *Physcomitrella*.

Теломеры – важнейшие структуры на концах хромосом эукариот, участвующие в защите ДНК от повреждений. С каждым делением клетки происходит сокращение теломер, из-за чего они теряют свою защитную функцию, что обуславливает старение и гибель клетки. Поддержание сложной структуры теломер обусловлено взаимодействием теломерной ДНК со специфическими теломер-связывающими белками. Сегодня известны многие белки, входящие в нуклео-протеиновый комплекс теломер, большинство которых консервативны среди большинства эукариот. Одним из наиболее важных белковых комплексов, участвующих в поддержании длины теломер у млекопитающих, являются белки – компонентов шелтеринового комплекса TRF. В свою очередь, гомологи генов TRF были обнаружены у растений, для которых, однако, роль этих генов остается неизвестной. Растительные TRF-подобные белки (TRFL) связывают двухцепочечные теломерные повторы и выполняют важную роль в поддержании стабильности теломер в растениях [1]. Таким образом, изучение генов, участвующих в регуляции биологии теломер растений, позволит не только получить новые данные о молекулярной эволюции генов эукариот в целом, но и стать основой для развития новых стратегий защиты и поддержания развития растений.

Уникальными организмами для исследования развития и эволюции растений являются бриофиты. Бриофиты относятся к самой древней дивергировавшей от остальных наземных растений группе, чьи предки совершили переход из водной среды обитания на сушу около 450 миллионов лет назад. Важная особенность бриофитов – это медленная эволюция их геномов по сравнению с цветковыми растениями, что обусловлено их жизненным циклом, в котором преобладает гаплоидный гаметофит. Мох *Physcomitrella patens* является удобным модельным растением для изучения теломер, поскольку обладает небольшим геномом, а также высокой скоростью гомологичной рекомбинации, что позволяет получать и анализировать любой фенотип мха в течение нескольких недель после трансформации [2]. Геном *P. patens* менее избыточен, что показано на примере теломер-ассоциированных белков. Так *P. patens* имеет только 3 гена TRFL, в отличие от арабидопсиса, в геноме которого обнаружено 12 генов TRFL [3]. Поэтому, использование мха *P. patens* в качестве модельного организма позволит детально исследовать функцию и эволюцию TRFL белков растений.

Целью работы было определение роли генов TRF-подобных белков в регуляции длины теломер *Physcomitrella patens*.

Нами была создана генетическая конструкция для проведения PEG-опосредованной трансформации протопластов *P. patens*. Путем гомологичной рекомбинации были получены два индивидуальных растения-нокаута *P. patens* по гену TRFL2. Определение длины теломер мутантных растений проводили методом TRF – анализа. Нами показано, что для обеих линий

растений-нокаутов PpTRFL2.10 и PpTRFL2.19 характерно небольшое увеличение длины теломер (от 1500 до 1700 п.о., средняя длина – 1430 п.о. и 1520 п.о. соответственно) по сравнению с диким типом растений ($P < 0.05$). Таким образом, мы предполагаем, что белок TRFL2 у мха *P. patens* является негативным регулятором длины теломер. Дальнейшее изучение TRF – подобных белков растений позволит не только лучше понять регуляторные пути поддержания структуры теломер, но и применять полученные данные в генной инженерии и биотехнологии растений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-016-00146 а.

Список литературы

1. *Schrumpfova P., Schorova S., Fajkus J.* // *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. 851.
2. *Rensing S.A, Goffinet B, Meyberg R. et al.* // *The Plant Cell*. 2020. Vol. 32. P. 1361–1376.
3. *Karamysheva Z. N., Surovtseva Y.V., Vespa L. et al.* // *Journal of Biological Chemistry*. 2004. Vol. 46. P. 47799–47807.

УДК 579.64

Н. Н. Терещенко^{1,2}, Т. И. Зюбанова^{1,2},
Е. Е. Акимова^{1,2}, О. М. Минаева^{1,2}

¹Сибирский НИИ сельского хозяйства и торфа – филиал СФНЦА РАН,
634050, Россия, г. Томск, ул. Гагарина, 3,
ternat@mail.ru

²Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ПОЧВЫ ДЛЯ РАЗМНОЖЕНИЯ ОЗДОРОВЛЕННОГО СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ НА ОСНОВЕ МЕТАГЕНОМНОГО АНАЛИЗА МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПОЧВЫ И УРОВНЯ ЕГО СУПРЕССИВНОЙ АКТИВНОСТИ

Ключевые слова: оздоровленный семенной картофель, микробное сообщество почвы, видовое разнообразие, болезни картофеля, супрессивная активность почвы.

Картофель традиционно относится к числу наиболее важных сельскохозяйственных культур, занимающих обширные площади возделывания практически во всех регионах России. Однако, одновременно, картофель – это одна из культур, наиболее сильно поражаемая болезнями, которые нередко являются основной причиной резкого снижения урожая. В условиях современного аграрного производства для получения высоких урожаев наряду с разработкой экологически безопасных способов биологического контроля возбудителей заболеваний картофеля и использования эффективных агротехнических приемов, направленных на оптимизацию физико-химических свойств почвы, отдельной строкой стоит проблема крупномасштабного получения оздоровленного семенного картофеля, для решения которой необходимо разработать алгоритм выбора участков почвы, по своим микробиологическим свойствам пригодных для размножения оздоровленных мини-клубней.

Для решения вышеуказанной задачи нами были отобраны образцы почвы с трех участков, потенциально пригодных для выращивания оздоровленного семенного картофеля. Все участки расположены на территории пригородного картофелеводческого хозяйства Томской области: два участка пахотной почвы, относящиеся к разным полям севооборота, в год исследования занятые под картофель, и 1 участок целинной почвы под лесом, граничащий с участком № 1. Почва – серая лесная среднесуглинистая.

В качестве перспективных критериев отбора участков нами были выбраны уровень таксономического разнообразия микробного сообщества почвы и уровень его суммарной супрессивной активности. Уровень таксономического разнообразия оценивали методом метагеномного секвенирования согласно протоколу к набору «МетаГен» Синтол [1], а также путем посева из почвенной взвеси на GRM-агар, последующего анализа количества микроорганизмов, формирующих различные типы колоний, и расчета по результатам анализа индексов Симпсона и Бергера-Паркера [2]. Уровень суммарной супрессивной активности почвы определяли в биотестах с чистой культурой фитопатогенного гриба *Fusarium solani* [3].

Результаты предварительного фитосанитарного анализа, проведенного в конце вегетации картофеля, выращиваемого на обоих пахотных участках, показали, что участок № 2 характеризуется большей степенью инфекционной нагрузки на растения картофеля (индекс

развития фитофтороза – 25,4%, сухой гнили – 1,57%), чем участок № 1 (индекс развития фитофтороза – 13,3%, сухой гнили – 0,27%). Соответственно участок № 1 был предварительно идентифицирован как «условно благоприятный для выращивания картофеля», а участок № 2 – как «условно неблагоприятный».

Результаты метагеномного анализа трех исследованных участков почвы показали, что наибольшее обилие видов и родов микроорганизмов было обнаружено в почве участка № 1 и в почве прилегающего к нему участка целины. Участок № 2 характеризовался наименьшим обилием таксономических групп почвенных микроорганизмов (таблица). Максимальные значения индексов разнообразия Симпсона и Бергера-Паркера, рассчитанные по результатам метода прямого посева на GRM-агар, также были характерны для микробных сообществ почвы участков № 1 и целинной почвы.

Таблица

Таксономическое разнообразие почвы исследованных участков

Участок	Кол-во таксонов, определенных методом метагеномного секвенирования		Индексы биоразнообразия, рассчитанные по результатам прямого посева на GRM-агар		Скорость роста мицелия гриба, мм/час	Степень ингибирования роста мицелия, % (K_i)	Индекс супрессии (C)
			Симпсона (1/D)	Бергера-Паркера (1/D)			
	видов	родов					
№ 1 (пашня)	1047	552	1,79	1,89	0,31±0,012	73,73	6,3
№ 2 (пашня)	914	528	1,15	1,37	0,39±0,028	66,95	5,6
№ 3 (целина)	1005	535	1,35	1,89	0,41±0,014	65,25	6,5

Анализ уровня супрессии микробных сообществ почв исследованных участков показал, что наименьшую скорость роста мицелия гриба *Fusarium solani* и наибольшую степень ингибирования роста грибного мицелия обеспечило микробное сообщество почвы участка № 1. Почвы целинного участка и пахотного участка № 2 по вышеупомянутым показателям супрессии между собой различались незначительно. Далее для каждого участка рассчитали Индексы супрессии микробного сообщества по следующей формуле: $C = \ln(K_i \times 1/D)$, где: K_i – степень ингибирования тест-культуры гриба микробным консорциумом, %, $1/D$ – индекс разнообразия Бергера-Паркера. Максимальные значения Индекса супрессии были получены для целинной почвы и почвы участка № 1 (таблица).

Таким образом, на основании предпринятых исследований можно сделать вывод, что среди исследованных участков наиболее пригодными по своим микробиологическим характеристикам являются участок № 1 и целинная почва.

Список литературы

1. Наборы реагентов для выделения ДНК и РНК. [Электронный ресурс] URL: http://www.syntol.ru/catalog/nabory-reagentov-dlya-vydeleniya-dnk-i-rnk/nabory-reagentov-easyway.html?sphrase_id=41936 (дата обращения: 30.09.2020)
2. Мэггаран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М: Мир. 1992. 181 с.
3. Торопова Е. Ю. Патент РФ, № 2014126924 (20.11.2015).

УДК 575.857

О. Е. Черепанова, И. В. Петрова, С. Н. Санников*Ботанический сад УрО РАН,
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202а,
botgarden.olga@gmail.com***ИЗУЧЕНИЕ АЛЛОЗИМНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПОПУЛЯЦИЙ
CALLUNA VULGARIS (L.) HULL.**

Ключевые слова: *C. vulgaris*, полиморфизм, аллозимная структура, популяция, изменчивость, микроэволюционная дивергенция.

Изучение внутривидовой генетической дивергенции (на примере аллозимной структуры) природных популяций растений в маргинальных и центральных частях их ареала является ключевой проблемой общей биологии. На основании результатов молекулярно-генетического анализа можно заключить нуждается ли вид в проведении охранных мероприятий, уточнить его систематическое положение, а также определить адаптивный потенциал. *Calluna vulgaris* (L.) Hull. – реликтовый вид, широко произрастающий в европейской части России, тогда как на юго-западе Западной Сибири представлен лишь длительно изолированной группой популяций. Продолжительная экогеографическая изоляция, вероятно, привела к микроэволюционной дифференциации маргинальных восточных популяций вереска [1, 4].

Нами была изучена аллозимная структура пяти популяций *C. vulgaris* по восьми аллельным маркерам (NAD, 6-PGI, ADH, GDH, GOT, IDH, SOD, PGI) [2].

Сравнительный анализ изменчивости аллозимной изменчивости *C. vulgaris* проведен между притобольской популяцией (Заводоуспенское) и четырьмя популяциями, расположенными в центральной части ареала (Англия, Соловецкие острова, Сыктывкар, Йошкар-Ола). Все популяции произрастают под пологом древостоев географически замещающих сосняков бруснично-вересково-зеленомошных. Методика сбора материала и последующего анализа подробно описана нами в ранее опубликованных работах [2, 6].

В результате анализа аллозимной структуры в сравниваемых популяциях *C. vulgaris* выявлены значительные генетические различия между популяцией вереска, произрастающем в Притоболье, где генетическая дистанция Нея (1978) в среднем составила 0.078 [5]. Согласно разработанной С.Н. Санниковым и И.В. Петровой шкале генетической подразделенности, данный уровень аллозимной дифференциации популяций соответствует уровню подвида [2]. Ранее нами уже была показана значительная дифференциация Зауральских популяций по данным анализов хп-ДНК для пяти полиморфным праймерных участков [6, 7].

Генетическая подразделенность между популяциями *C. vulgaris*, произрастающими в центральной части ареала, в два раза ниже (в среднем $DN_{78} = 0.036$) и не превышает ранга географической расы.

Значимые различия были выявлены и в результате изучения морфо-анатомической структуры вегетативных побегов *C. vulgaris*, произрастающего в отрыве от основной части ареала [3].

Результаты проведенных исследований генетической, морфологической, анатомической структуры популяций *C. vulgaris* подтверждают гипотезу о

микроэволюционной дивергенции Притобольских популяций на уровне самостоятельного подвида [3, 7, 8].

Работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН.

Список литературы

1. Горчаковский П. Л. // Ботан. журнал. 1962. Т. 47(9). С. 1244–1257.
2. Санников С. Н., Петрова И. В. Дифференциация популяций сосны обыкновенной. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 247 с.
3. Cherepanova O. E., Petrova I. V., Sannikova N. S. // Forestry Ideas. 2018. Vol. 24(2). P. 163–170.
4. Gimingham C. H. // J. Ecology. 1960. Vol. 48(2). P. 455–483.
5. Nei M. Molecular evolutionary genetics. N.Y.: Columbia University Press, 1987. 512 p.
6. Sannikov S. N., Petrova I. V., Cherepanova O. E., Dymshakova O. S. // Russian Journal of Genetics. 2014. Vol. 50(9). P. 925–933.
7. Sannikov S. N., Petrova I. V., Paule L. et al. // Russian Journal of Ecology. 2018. Vol. 49(4). P. 286–295.
8. Sannikov S. N., Petrova I. V., Paule L. et al. // Current Plant Biology. 2019. Vol. 18. P. 100–108.

УДК 575:582.89

А. Д. Чикурова¹,
О. Е. Валуйских², Д. М. Шадрин²¹Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
167000, Россия, г. Сыктывкар, ул. Петрозаводская, 12,
cikurovaangelina@gmail.com,²Институт биологии Коми НЦ УрО РАН,
167000, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24,
valuysskikh@ib.komisc.ru**ИДЕНТИФИКАЦИЯ *PHLOJODICARPUS VILLOSUS* (APIACEAE) НА ОСНОВЕ
АНАЛИЗА НУКЛЕОТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ITS2 И *trnH-psbA***

Ключевые слова: *Phlojodicarpus villosus*, ДНК-штрихкодирование, Красная книга, охрана растений.

С развитием молекулярно-генетических методов стала возможна идентификация организмов с использованием молекулярных маркеров, так называемая генетическая паспортизация (DNA-barcoding). Одними из нуклеотидных последовательностей, используемые в ДНК-штрихкодировании сосудистых растений и рекомендуемые международными протоколами [1], являются участки межгенного спейсера *trnH-psbA* и ядерной – ITS2 ДНК.

Phlojodicarpus villosus (Turcz. ex Fisch. & C.A. Mey.) Turcz. ex Ledeb. – вид семейства *Apiaceae*, очень редко встречается на Урале и как плейстоценовый реликт занесен в Красные книги многих регионов [2–5]. Изолированные популяции *P. villosus* спорадически встречаются на Урале и сосредоточены в пределах Северного и Приполярного Урала [6]. В международных базах генетических данных GenBank и BOLD Systems последовательности маркеров *trnH-psbA* и ITS2 для данного вида отсутствуют [1, 7].

Цель – оценить возможность применения последовательностей *trnH-psbA* и ITS2 в качестве ДНК-штрихкода для редкого на Урале вида *P. villosus*. Материалом для исследования служили гербарные образцы *P. villosus*, собранные в Республике Коми (хранятся в гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар). Секвенирование образцов выполняли с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Молекулярная биология» Института биологии Коми НЦ УрО РАН. В анализ также были включены имеющиеся в базе данных GenBank последовательности 33 видов из сестринских родов *Seseli*, *Karatavia*, *Libanotis* и другие таксоны семейства *Apiaceae* [8]. Выравнивание последовательностей и филогенетический анализ выполнен в программе MEGA X [9]. Филогенетические деревья построены с использованием метода максимального правдоподобия (ML).

Впервые получены последовательности ITS2 и *trnH-psbA* для *P. villosus*. Длина последовательности ITS2 составила 221 п.н., *trnH-psbA* – 203 п.н. На филогенетических деревьях показано место *P. villosus* среди видов семейства *Apiaceae*. Новые последовательности ITS2 и *trnH-psbA* планируется депонировать в базы генетических данных. Полученные сведения позволят составить генетический паспорт *P. villosus*, который можно

будет использовать при составлении программ по сохранению популяций и защите редких видов растений.

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Разнообразие растительного мира западного макросклона Приполярного Урала» (№ АААА–А19–119011790022–1).

Список литературы

1. BOLD Systems (2020). [Published on-line] URL: <http://www.boldsystems.org> (date of access: 30.09.2020).
2. Красная книга Республики Коми. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2019. 768 с.
3. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Екатеринбург, 2013. 460 с.
4. Красная книга Свердловской области: животные, растения, грибы. Екатеринбург: ООО «Мир», 2018. 450 с.
5. Красная книга Пермского края, 2018. [Электронный ресурс] URL: <http://redbook.permecology.ru> (дата обращения: 24.08.2020).
6. *Чикурова А. Д., Валуйских О. Е.* // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 2. (г. Киров, 5 декабря 2019 г.). Киров: ВятГУ, 2019. 396 с.
7. National Center for Biotechnology Information (NCBI). [Published on-line] URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> (date of access: 30.08.2020).
8. *Katz-Downie D. S., Valiejo-Roman C. M., Terentieva E. I. et al.* // Plant Systematics and Evolution. 1999. Vol. 216. P. 167–195.
9. *Kumar S., Stecher G., Li M. et al.* // Molecular Biology and Evolution. 2018. Vol. 35(6). P. 1547–1549.

Научное издание

**II Международная научно-практическая конференция
Современные подходы и методы в защите растений
(16–18 ноября 2020 года, Екатеринбург, Россия)**

Материалы II Международной научно-практической конференции

Scientific publication

**II International Scientific and Practical Conference
Modern approaches and methods in plant protection
(November 16–18, 2020, Ekaterinburg, Russia)**

The Materials of the II International Scientific and Practical Conference

Ответственный редактор *М. Г. Малева*

Executive editor *M. G. Maleva*

ISBN 978-5-6045430-0-9



9 785604 543009

ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО АМБ»

620142, г. Екатеринбург, ул. Фрунзе, 35А, офис 513

Тел.: +7 (912) 242-20-73, +7 (963) 449-75-40

www.amb-ural.ru, amb@amb.ur.ru

Генеральный директор *Владимир Лобок*

Главный редактор *Юлия Лимонова*

Верстка *Виктория Голованова*

Подготовка к печати *Светлана Полежаева, Мария Вострикова*

Подписано в печать 27.11.2020. Формат 60×90/8

Усл. печ. л. 32,13. Тираж 20 экз. Заказ 27/01

Отпечатано в типографии ИЗДАТЕЛЬСТВА АМБ