УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ

Тезисы докладов
VII Всероссийской научной конференции
с международным участием,
посвященной 65-летию СИФИБР СО РАН

Иркутск, Листвянка,
5–10 июля 2026 г.



ISBN 978-5-9624-2498-9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Сибирский институт физиологии и биохимии растений
Сибирского отделения Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Байкальский музей Сибирского отделения Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Заповедное Прибайкалье»

Общество физиологов растений России

Иркутское отделение Общества физиологов растений России

Устойчивость растений и микроорганизмов к неблагоприятным факторам среды

Тезисы докладов
VII Всероссийской научной конференции
с международным участием,
посвященной 65-летию СИФИБР СО РАН
Иркутск, Листвянка, 5–10 июля 2026 г.

ИРКУТСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО
ИГУ
2026

УДК 581.1:573:574:579.26
ББК 28.58
У79

Ответственный редактор
д-р биол. наук, доцент О. И. Грабельных

Редакционная коллегиия
канд. биол. наук, доцент Н. С. Забанова, д-р биол. наук,
профессор Г. Б. Боровский, д-р биол. наук, доцент Т. П. Побежимова,
канд. биол. наук Т. В. Копытина, канд. биол. наук О. В. Калугина,
канд. биол. наук И. В. Любушкина, д-р биол. наук Л. Е. Макарова,
канд. биол. наук И. В. Уколова, канд. биол. наук О. В. Шергина

У79 **Устойчивость** растений и микроорганизмов к неблагоприятным факторам среды : тезисы докладов VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 65-летию СИФИБР СО РАН. Иркутск, Листвянка, 5–10 июля 2026 г. / СИФИБР СО РАН ; [отв. ред. О. И. Грабельных]. – Иркутск : Издательство ИГУ, 2026. – 1 электронный оптический диск (CD-ROM). – Заглавие с этикетки диска.

https://doi.org/10.26516/978-5-9624-2498-9.2026.1-214

ISBN 978-5-9624-2498-9

Приведены новейшие результаты российских и зарубежных ученых, посвященные современным исследованиям механизмов устойчивости растений и микроорганизмов, исследованиям биологического разнообразия, биоресурсов и устойчивости природных и антропогенных систем и исследованиям в области агробиофармтехнологии, изучаемых с привлечением генетических и микробиологических методов, и классическими физиологическими и биохимическими методами. Представлены результаты исследований механизмов адаптации к действию стрессоров разного типа и генетического контролирования этих процессов у растений, а также исследований механизмов устойчивости растений, основанных на современных геномных технологиях. Внимание уделяется вопросам биотехнологии с использованием растительных клеточных культур и трансгенных растений для получения продуцируемых ими веществ, необходимых для медицины и промышленности.

Издание предназначено для специалистов в области физиологии и биохимии стресса, молекулярной биологии, генетики и экологии, биотехнологии, а также для студентов и аспирантов биологических специальностей высших учебных заведений.

The resistance of plants and microorganisms to unfavorable environmental factors: Abstracts of VII All-Russian Scientific Conference with International Participation, Irkutsk, Listvyanka 5–10 July, 2026. Irkutsk, Irkutsk State University Publ., 2026.

УДК 581.1:573:574:579.26
ББК 28.58

ISBN 978-5-9624-2498-9

© СИФИБР СО РАН, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 15

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

Боровский Г. Б. Роль ферментов альтернативного дыхания митохондрий в фотосинтезирующих клетках растений при стрессе 20

Воронин В. И., Морозова Т. И., Осколков В. А., Сизых А. П. Исследования Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН в области лесной экологии 21

Гераськин С. А. Устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: закономерности и механизмы 22

Демидчик В. В. Кальциевые каналы растений и их роль в ответах на стрессовые воздействия: современное состояние проблемы 23

Дорошков А. В., Бобровских А. В., Бондар Е. И., Зубаирова У. С. Стратегии массового анализа омиксных данных для реконструкции молекулярных механизмов стрессового ответа растений 24

Кнорре Д. А. Митохондриальная гетероплазмия и внутриклеточный отбор митохондриальной ДНК 25

Константинов Ю. М., Тарасенко В. И., Тарасенко Т. А. Горизонтальный перенос генов в органеллы и горизонтальный перенос митохондрий у высших эукариот 26

Крутовский К. В., Новикова С. В., Орешкова Н. В., Шаров В. В. Использование полногеномных данных и прогностических климатических моделей для оценки адаптивного генетического потенциала и потенциальной устойчивости популяций лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.) к будущим климатическим изменениям 27

Кулуев Б. Р., Бережнева З. А., Мусин Х. Г. Роль экспансинов и ксилоглюканэндотрансгликозилаз в адаптации растений к абиотическому стрессу 28

Маркова Ю. А., Кривенко Д. А., Хадеева Е. Р., Галивонджян А. Х., Демкина А. О., Гилеп К. А., Сутормин Д. А. Роль ризосферного микробиома в адаптации редких растений сем. Fabaceae к условиям их произрастания 29

Медведев С. С., Ланкина А. А., Смоликова Г. Н. Парадокс засухоустойчивости: почему вегетирующие растения разучились делать то, что умеют семена? 30

Рекославская Н. И., Ломоватская Л. А., Третьякова А. В., Гончарова А. М. Специфичность экспрессии УДФГ-трансфераз: при гормональной регуляции роста и развития, при биотических и абиотических стрессах 31

Савченко Т. В. Стеблевой фотосинтетический аппарат: функциональные характеристики и вклад в стрессоустойчивость растений 32

Цыганов В. Е. Развитие симбиотических клубеньков бобовых растений как уникальной экологической ниши для ризобий 33

СЕКЦИЯ 1. МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ
И МИКРООРГАНИЗМОВ

Авальбаев А. М., Плотников А. А., Ласточкина О. В. Механизмы устойчивости к действию абиотических стрессов контрастных по чувствительности к обезвоживанию генотипов пшеницы 35

Азарин К. В., Дуплий Н. Г., Усатов А. В. Структурные и функциональные изменения в фотосинтетическом аппарате ячменя при воздействии наночастиц CDO 36

Алакбарова Ш. Э. Ультрафиолетовая предпосевная обработка семян хлопчатника: влияние на ростовые показатели и стресс-ответ 37

Аленькина С. А., Купряшина М. А. Влияние лектинов азоспирилл на физиолого-биохимические показатели устойчивости растений пшеницы 38

Антакова Ю. А., Барковская А. М., Серёгина К. К., Антипов А. Д., Ражина О. Л., Лебедева М. В., Таранов В. В. Исследование роли TAL-эффекторов в патогенности *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* 39

Белышенко А. Ю., Колупаева М. К., Гуришева Д. Н., Моргунова М. М., Имидоева Н. А., Аксёнов-Грибанов Д. В. Метаболический ответ *Marchantia polymorpha* L. на CO-стресс в культуре *in vitro* 40

Бережная Е. В., Любушкина И. В., Полякова Е. А., Кириченко К. А., Грабельных О. И., Дорофеев Н. В. Влияние фунгицидов на функционирование митохондрий пшеницы при длительном низкотемпературном закаливании 41

Бизиков П. А., Рекославская Н. И., Макарова Л. Е. Метаболизм нафталиновых структур в тканях растений гороха (*Pisum sativum* L.) 42

Блинова А. А., Кузнецова В. А. Оценка изменения активности супероксидисмутазы как показатель температурного стресса в проростках сои при обработке экстрактом *Inonotus obliquus* 43

Богданова К. О., Доланбаева Г. Т., Николаева В. Н., Кабдрахманова С. К. Механизмы фитогормональной адаптации растений к условиям стресса 44

Веракса К. С., Яковец О. Г. Эффект H_2O_2-прайминга на всхожесть и энергию прорастания семян ржи 45

Герасимов Н. Ю., Неврова О. В., Жигачева И. В., Генерозова И. П., Голощапов А. Н. Адаптация эпикотилей проростков гороха к тепловому шоку путем изменения структуры мембран их митохондрий 46

Глушенкова О. Е., Поляков Д. Д., Игнатов А. Н. Экологичные индукторы устойчивости при защите салата от *Pseudomonas cichorii* 47

Голубев А. М., Анфалов В. Э., Куликов А. А., Вдовенко В. С. Перспективы создания генотипов косточковых культур с устойчивостью к весенним заморозкам 48

Грабельных О. И., Любушкина И. В., Горностай Т. Г., Корсукова А. В., Забанова Н. С., Полякова Е. А., Федотова О. А., Кириченко К. А., Бережная Е. В., Побежимова Т. П. Влияние света на развитие индуцированной термотолерантности проростков яровой пшеницы: анализ белков теплового шока, фотосинтетических пигментов и жирнокислотного состава 49

Граскова И. А., Романова И. М., Перфильева А. И., Сухов Б. Г. Исследование воздействия нанокомпозитов на основе селена и арабиногалактана на жирнокислотный профиль клеточных мембран *Clavibacter sepedonicus* 50

Григорян Л. Н., Батаева Ю. В. Фиторегуляторная активность почвенных актинобактерий аридной зоны 51

Гурьев Г. П. Взаимосвязь симбиотической азотфиксации чечевицы и погодных условий при применении полифункциональных биопрепаратов 52

Давлатова Н. К., Хамрабаева З. М., Якубова М. М. Устойчивость и адаптационные особенности лекарственных растений юга Таджикистана 53

Дегтярёва В. И., Мирошниченко Д. Н., Пиголев А. В., Дегтярёв Е. А., Пушин А. С., Алексеева В. В., Долгов С. В., Савченко Т. В. Изменение экспрессии гена аллеоксидсинтазы влияет на устойчивость пшеницы к абиотическим стрессам 54

Дегтярёв Е. А., Пиголев А. В., Мирошниченко Д. Н., Долгов С. В., Савченко Т. В. Изменение содержания жасмонатов, абсцизовой и салициловой кислот в листьях гексаплоидной и тетраплоидной пшеницы во время патогенеза 55

Донская М. В. Микробиологические препараты как фактор повышения урожайности нута 56

Ершова А. Н., Бердникова О. С., Колесник Н. В. Свободнорадикальные процессы и активность ферментов про- и антксидантной системы в митохондриальном и цитоплазматическом фонде растений *Glycine max* в условиях гипоксии 57

Ершова Н. М., Шешукова Е. В., Камарова К. А., Комарова Т. В. Исследование локализации гликопротеина KPILP *Nicotiana benthamiana* 58

Жадан А. Д., Соколова Е. А., Лебедева М. В., Таранов В. В., Мартынов В. В. Устойчивость растений и микроорганизмов: изучение R-генов картофеля к *p. Infesans* помощью эффекторомики 59

Зайцева Е. И., Самарская В. О. Альтернативный сплайсинг гена *10 FTHF-DF* картофеля в условиях высокой влажности 60

Иваченко Л. Е., Блинова А. А., Трифонова М. А., Кузнецова В. А. Влияние прайминга семян на активность антиоксидантных ферментов проростков сои в условиях окислительного стресса 61

Истомина Е. А., Одинцова Т. И. Поиск генов тауматиноподобных белков в геноме *Filipendula ulmaria* 62

Исупова А. А., Бухарина И. Л. Устойчивость растений-мелиорантов, инокулированных эндотрофными микромицетами, к нефтяному загрязнению 63

Камарова К. А., Симоненкова С. А., Бушмин Д. М., Шешукова Е. В., Ершова Н. М., Комарова Т. В. Характеристика взаимодействия обратимо гликозилируемых полипептидов первого и второго класса 64

Катышев А. И., Федотова О. А., Федосеева И. В., Поморцев А. В., Коротаева Н. Е., Пятрикас Д. В., Дорофеев Н. В., Грабельных О. И., Боровский Г. Б. Роль дегидринов различного типа в устойчивости растений к низкотемпературному стрессу 65

Каюмов А. Р., Исхакова З. И., Сафина Р. Р., Гильфанов И. Р., Никитина Л. Е., Лисовская С. А., Гусева Г. Б., Еремеева Ю. В., Антина Е. В. Природные и синтетические терпеноиды для потенцирования и доставки антимикробных препаратов 66

Кем К. Р. Влияние инкрустации семян брассиностероидами в составе пленкообразующих композиций на рост проростков льна-долгунца в условиях стресса 67

Колесникова Е. О., Бердников Р. В., Пономарева С. В. Микробная контаминация в культуре тканей *Beta vulgaris* L.: от идентификации патогенов к протоколам подавления 68

Колупаева М. К., Белышенко А. Ю., Гуришева Д. Н., Моргунова М. М., Аксёнов-Грибанов Д. В. Метаболический ответ *Marchantia polymorpha* L. на температурный стресс в модели *in vitro* 69

Комарова Т. В., Шешукова Е. В., Ершова Н. М., Камарова К. А. Влияние нонсенс-обусловленного распада РНК на развитие инфекции вируса табачной мозаики 70

Коренькова О. О. Адаптационные стратегии *Juniperus foetidissima* Willd. в условиях северной границы ареала 71

Коробова А. В., Севостьянова А. О., Ахиярова Г. Р., Кудоярова Г. Р. Взаимодействие гормонов и их распределение в тканях как важный механизм устойчивости растений к засолению 72

Котеева Н. К., Вознесенская Е. В., Борисенко Т. А. Диверсификация системы солевыведения у галофитных злаков (Poaceae) 73

Крылова Е. А., Исламова Р. Т., Бурляева М. О., Шеленга Т. В., Хлесткина Е. К. Комплексный подход к изучению механизмов адаптации растений в условиях повышенной влажности воздуха на примере *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 74

Кузнецова В. А., Разгонова М. П., Блинова А. А. Участие растительных экстрактов в повышении устойчивости сои к биотическому стрессу, вызванному действием церкоспороза 75

Кутукова А. С., Никаноркина В. В., Дельгадо Л. К., Лебедева М. В., Таранов В. В. Влияние полиморфизмов факторов мультисемейства EIF4E *Nicotiana tabacum* на взаимодействие с белком VPG вируса у картофеля 76

Лаврентьева С. И., Иваченко Л. Е. Оценка *Glycine max* и *Glycine soja* к влиянию солей биогенных металлов с участием каталаз 77

Лазарева Е. А., Атабекова А. К., Лезжов А. А., Чергинцев Д. А., Хейнлайн М., Морозов С. Ю., Соловьев А. Г. Пережать и перестроить: модификация мембран ЭПР как жизненная стратегия вирусов растений 78

Лапашина А. С., Галкина К. В., Маркова О. В., Кнорре Д. А., Фенюк Б. А. Динамика уровня АТФ в цитоплазме и митохондриях дрожжей в ответ на энергетическую депривацию 79

Ломоватская Л. А., Гончарова А. М. Системное изменение активности супероксиддисмутазы в растениях картофеля *in vitro* в зависимости от их устойчивости к некротрофному и биотрофному патогенам 80

Луцкий Е. О., Сундырева М. А., Баранов М. О. Прайминг винограда при неблагоприятных температурных воздействиях 81

Любушкина И. В., Поморцев А. В., Бережная Е. В., Полякова Е. А., Забанова Н. С., Корсукова А. В., Кириченко К. А. Митохондриальное дыхание вегетативных и генеративных органов озимой и яровой пшеницы на этапах трубкования и цветения 82

Макарова Л. Е., Ищенко А. А., Бизиков П. А. О роли эндогенного N-фенил-2-нафтиламина в ростовых процессах корней проростков гороха (*Pisum sativum* L.) 83

Максимова Л. А., Шафикова Т. Н. Фталаты как участники защитных систем растений в растительно-микробных взаимодействиях 84

Марчук С. С., Яковец О. Г., Мацкевич В. С., Демидчик В. В. Воздействие некоторых гербицидов, борной кислоты и салицилата на свободный цитозольный кальций в клетках корня *Arabidopsis thaliana* 85

Мирзозода К. А., Хамидзода Х. Н., Якубова М. М., Юлдошев Х. Изучение урожайности квиноа в различных условиях центрального Таджикистана 86

Миронова А. П. Оценка устойчивости декоративных хвойных культур к неблагоприятным факторам зимнего периода в условиях урболандшафтов Севастополя 87

Мирская Г. В., Удалова О. Р., Пищик В. Н., Аникина Л. М., Шибанов Д. В., Хомяков Ю. В., Дубовицкая В. И., Панова Г. Г. Бактерия PGPB *Paenibacillus nicotianae* улучшает продуктивность и качество плодов различных генотипов огурца 88

Неврова О. В., Герасимов Н. Ю., Жигачева И. В., Генерозова И. П., Голощапов А. Н. Структурные изменения мембран митохондрий эпикотилей проростков гороха в ответ на водный дефицит 89

Некляев С. Э., Ларина Г. Е. Влияние межвидовой конкуренции за субстрат в стволовом микокомплексе на сохранение устойчивости лесных культур сосны 90

Нохсоров В. В., Татаринова Т. Д., Дударева Л. В. Роль нейтральных липидов *Larix cajanderi* Mayr в адаптации к холодному климату криолитозоны 91

Нурминский В. Н., Шаманова С. И., Грабельных О. И. Влияние осмотического стресса на функциональное состояние и микровязкость мембран митохондрий клубней картофеля 92

Осипова С. В., Пермяков А. В., Пермякова М. Д., Поморцев А. В., Пшеничникова Т. А. Ассоциация SSR маркеров на хромосоме 2D мягкой пшеницы с признаками устойчивости к засухе 93

Пермякова М. Д., Пермяков А. В., Рудиковская Е. Г., Осипова С. В., Поморцев А. В., Пшеничникова Т. А. Влияние интрогрессии от *Aegilops speltoides* в геноме пшеницы на устойчивость к засухе 94

Перфильева А. И., Гарник Е. Ю., Мориц А. С., Стрекаловская Е. И., Клушина Н. В. Влияние нанокомпозитов халькогенов и металлов на экспрессию *PR* генов в тканях картофеля при биотическом стрессе 95

Полякова Е. А., Федотова О. А., Бережная Е. В., Грабельных О. И. Супероксиддисмутаза в реакции пшеницы на тепловой стресс, связь с «внешними» НАД(Ф)Н-дегидрогеназами и образованием АФК в митохондриях 96

Протопопов Ф. Ф., Нохсоров В. В., Софронова В. Е. Флуоресцентные характеристики листьев вечнозеленых кустарничков (*Vaccinium vitis-idaea*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Pyrola asarifolia*) при осеннем переходе к состоянию покоя в условиях криолитозоны Якутии 97

Пшеничникова Т. А., Осипова С. В., Пермяков А. В., Смирнова О. Г., Пермякова М. Д., Симонов А. В., Ли В. Изменчивость адаптационных реакций яровой мягкой пшеницы в условиях полива и засухи при замещении хромосом четвертой гомеологической группы 98

Пятина С. А., Кесслер Е. И. Влияние прайминга наноформами гуминовых кислот на цито- и генотоксичность ионов меди в корневом апексе проростков *Triticum aestivum* L. 99

Разуваева А. В., Киселева А. А., Коротаева Н. Е., Боровский Г. Б., Салина Е. А., Федяева А. В. Оценка экспрессии отдельных генов как способ отбора морозоустойчивых сортов озимой пшеницы 100

Роденко Н. А., Бледных О. В., Ливанова А. Д., Васильева Т. И., Глущенков В. А. Оценка эффективности магнитопрайминга с использованием магнитно-импульсной обработки для повышения засухоустойчивости пшеницы мягкой *Triticum aestivum* (L.) 101

Романова И. М., Граскова И. А. Биохимический анализ профиля жирных кислот в возрастных фракциях хвои сосны обыкновенной 102

Руденко Н. Н., Рупперт М. Ю., Надеева Е. М., Игнатова Л. К., Козулёва М. А., Иванов Б. Н. Эффект нокаутирования карбоангидраз хлоропластов αCA1, βCA1 и αCA4 в растениях *Arabidopsis thaliana* в условиях высокой интенсивности света 103

Рудиковский А. В., Ставицкая З. О., Дударева Л. В., Рудиковская Е. Г. Особенности путей биосинтеза аскорбиновой кислоты в тканях *Malus baccata* на разных стадиях развития плодов 104

Румянцева Н. И., Костюкова Ю. А., Агеева М. В. Множественные пути инфицирования листа гречихи татарской конидиями *Botrytis cinerea* 105

Рябухина М. В., Рябинина З. Н., Крутовский К. В. Аминокислотный состав хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) как индикатор экологической адаптации реликтовых популяций южной границы ареала 106

Сазонова О. В. Роль метилирования промоторов генов изоферментов фумаратгидратазы в регуляции их транскрипции в листьях подсолнечника при засолении 107

Сату А. С., Кумаргазы К. Д., Бейсекова М. К. Влияние молибдена на активность каталазы в пшенице и ячмене 108

Севостьянова А. О., Коробова А. В., Ахиярова Г. Р., Кудоярова Г. Р. Влияние АБК на содержание и распределение ауксинов в тканях растений арабидопсиса в зависимости от чувствительности растений к этилену и под влиянием засоления 109

Смоликова Г. Н., Степанова Н. В., Камионская А. М., Медведев С. С. Нелистовой фотосинтез в тканях плодов как адаптивная стратегия поддержания продуктивности растений 110

Соболева Г. В., Соболев А. Н. Использование культуры тканей *in vitro* в селекции гороха на засухоустойчивость 111

Содикзода М. С., Хамрабаева З. М., Якубова М. М. Влияние хлоридного засоления на рост и развитие проростков сортов мягкой и твердой пшеницы 112

Соломонова Е. С., Шоман Н. Ю., Акимов А. И., Рылькова О. А. Воздействие глифосата на морскую бенто-планктонную диатомовою водоросль *Thalassiosira excentrica*: перспективный тест-объект для экотоксикологического мониторинга прибрежных акваторий 113

Сотникова Ю. М., Григориади А. С., Фархутдинов Р. Г. Физиолого-биохимические параметры *Lobelia erinus pendula* в условиях углеводородного стресса 114

Софронова В. Е. Роль пластохинонового пула и цитохромного b_6f-комплекса в холодовой акклимации *Arctostaphylos uva-ursi* 115

Спеченкова Н. А., Самарская В. О., Калинина Н. О., Тальянский М. Э. РНК-интерференция в системе устойчивости растений к вирусным патогенам 116

Сундырева М. А., Юрченко Е. Г., Луцкий Е. О., Мишко А. Е., Савчук Н. В., Баранов М. О. Комбинированное действие засухи и высокой температуры индуцирует защитные реакции винограда против фитопатогенов 117

Татаринова Т. Д., Васильева И. В., Пономарев А. Г. Дегидрины в адаптации березы повислой к природным условиям криолитозоны Якутии 118

Титов А. Ф., Шибаева Т. Г. Реакция на фотопериодический стресс как модель для изучения механизмов неспецифической устойчивости растений 119

Трофимцова И. А., Иваченко Л. Е. Активность антиоксидантного комплекса *Pinus sylvestris* в зависимости от абиотических факторов среды 120

Уколова И. В. In-gel activity assay: современное состояние метода и перспективы количественной оценки активности комплекса I в контексте физиологической релевантности 121

Федосеева И. В., Боровский Г. Б., Катышев А. И., Горбылева Е. Л., Пятрикас Д. В., Зорина С. Ю., Коротаева Н. Е., Поморцев А. В., Шигарова А. М. Участие *ATNDB2* в ответе растений табака (*Nicotiana tabacum* L.) в условиях дефицита воды 122

Филинова Н. В., Ищенко А. А., Копытина Т. В., Макарова Л. Е. Активность пероксидазы и полифенолоксидазы внутриклеточной и апопластной локализации в трансгенных растениях картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с геном глюкозооксидазы из *Penicillium funiculosum* 123

Хамидзода Х. Н., Якубова М. М. Физиологические механизмы поглощения N, P и K растениями в почвах гиссарской и вахшской долин 124

Шибаева Т. Г., Титов А. Ф. О четвертом параметре светового воздействия на растения 125

Шуплецова О. Н. Метод оценки стрессоустойчивости генотипов зерновых культур 126

Щербань А. Б., Брагина М. К., Афонников Д. А., Васильев Г. А., Сколотнева Е. С., Пнев А. Д., Салина Е. А. Идентификация нового S-гена восприимчивости к грибным заболеваниям на хромосоме 5BS мягкой пшеницы *T. aestivum* L. 127

Эмомализода С. Э., Хамидзода Х. Н., Нуров У. Дж., Раджабзода С. И. Влияние концентрации фитогормонов на динамику поглощения раствора семенами пшениц 128

Яковлева О. В., Маторин Д. Н., Тодоренко Д. А., Горячев С. Н., Алексеев А. А., Кабашникова Л. Ф. Оценка состояния растений по параметрам индукции флуоресценции хлорофилла *a* в листьях при антропогенной нагрузке 129

Яковлева О. С., Осипова Л. В., Быковская И. А. Влияние низкой температуры и силиката на содержание фенольных соединений в прорастающих зерновках ячменя 130

СЕКЦИЯ 2. БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, БИОРЕСУРСЫ
И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ

Агапов А. И. Восстановление растительного покрова в санитарно-защитной зоне полигона ТКО «Непейно» (Московская область) 132

Азирахмет Ж., Берсимбай Р., Щепин О., Шниттлер М. Видовое разнообразие нивальных миксомицетов Иле-Алатау 133

Бондарчук С. Н., Грицук А. А Использование фотоловушек для фенологического мониторинга редких видов растений в удаленных местообитаниях на примере *Rhododendron brachycarpum var. Fauriei* в Сихотэ-Алинском биосферном заповеднике 134

Бочарова У. И., Алфимов А. В., Бичурин Р. Р., Берман Д. И. Малорослость осины на северо-востоке Азии – ответ на экстремальные условия 135

Васильева О. Ю., Дорогина О. В., Козлова М. В., Карпова Е. А., Храмова Е. П. Роль гистохимических исследований в оценке адаптивного потенциала ресурсных видов 136

Вышегуров С. Х., Величко А. Ю. Запасы лекарственного сырья в Новосибирской области 137

Гордеева И. В. Стрессовые факторы для древесных видов растений урбанизированных территорий 138

Гродницкая И. Д., Сенашова В. А., Цуканова О. Э. Роль эндофитного микробиома в заболевании кедра сибирского бактериальной водянкой в Прибайкалье 139

Дубровная С. А., Бабынин Э. В., Акулов А. Н., Хуснетдинова Л. З., Рыжова Л. В., Тимофеева О. А. Анализ генетического полиморфизма и морфофизиологической изменчивости ценопопуляций *Bupleurum aureum* для восстановления популяций 140

Егорова И. Н., Шергина О. В., Гурина В. В. Особенности химического состава талломов *Nostoc commune* (Cyanobacteria) из разных эколого-географических условий 141

Калугина О. В., Афанасьева Л. В., Строкина А. А., Прадедова Е. В. Интенсивность окислительных процессов и активность ферментов антиоксидантной системы в хвое *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica* при разном уровне техногенного загрязнения 142

Колесова Л. А., Соловьева М. И. Эколого-биохимическая характеристика трех видов рода *Allium L.* (Amaryllidaceae), произрастающих в Центральной Якутии 143

Королёв К. П., У Собиржонов Д. Б. Мнокомпонентность изменчивости фактора (GXE) отражает ответные реакции растений льна в условиях солевого стресса 144

Крыжко А. В. Штаммы энтомопатогенной бактерии *Bacillus thuringiensis* как биоагенты микробной деструкции целлюлозы 145

Кузнецов М. А. Естественное возобновление ели на вырубке ельника черничного (средняя тайга, Республика Коми) 146

Кулагина А. Н. Сохранение биологического разнообразия как элемент устойчивого управления лесами 147

Леонова И. Н., Мальчиков П. Н., Сколотнева Е. С., Орлова Е. А., Пискарев В. В., Мясникова М. Г., Апарина В. А., Чахеева Т. В. Генетическая основа устойчивости российских сортов мягкой и твердой пшеницы к грибным патогенам 148

Литвин А. В., Лапашина А. С., Фенюк Б. А. Атлас цифровой биоэнергетики микроорганизмов 149

Маляровская В. И., Цатурян Г. А. Сохранение в условиях *in vitro* вида природной флоры западного кавказа *Helleborus caucasicus* A. Br. 150

Моллаева М. З., Саблирова Ю. М., Пшегусов Р. Х., Ахомготов А. З., Бербекова З. Т. Анализ санитарного состояния хвойных лесов Тебердинского национального парка 151

Морозова Т. И., Павлюк Н. А. Распространение бурого шютте в Сибири 152

Набиева А. Ю., Смоленцев Б. А., Шарафутдинова А. О. Влияние различных концентраций нитратов на рост и развитие орхидей умеренного климата в культуре *in vitro* 153

Нелюбина П. Е., Павличенко В. В., Швецова Н. А., Протопопова М. В. Формирование пространственно-генетической структуры *Anemone altaica* (Ranunculaceae) в Байкальской Сибири под влиянием глобальных климатических изменений 154

Нигматзянов Р. А., Алексеева А. А. Агриофит *Heracleum sosnowskyi* Mandenova 155

Нурминская Ю. В., Маркова Ю. А. Экологическая роль *Lysobacter antibioticus* HZ25 в поддержании гомеостаза ризосферы редкого вида *Hedysarum zundukii* Peschkova при воздействии неблагоприятных факторов 156

Платова Н. Г., Толочек Р. В., Лебедев В. М., Шуршаков В. А. Хромосомные аберрации в проростках салата *Lactuca sativa* при облучении семян ионами гелия в малых дозах и влияние гипомагнитных условий 157

Полякова М. С., Минчева Е. В., Тупикин А. Е., Кабилов М. Р., Купчинский А. Б. Разнообразие эукариотических организмов-обрастателей пластика в озере Байкал 158

Рябухина М. В., Кулешова Ю. Г., Рябинина З. Н., Крутовский К. В. Влияние почвенных факторов на возрастную динамику элементного состава хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на примере Карагай-Покровского бора 159

Савельева О. К., Агапов А. И. Рудеральная растительность полигона ТКО «Слизнево» (Московская область) 160

Сафронова И. Е., Шилкина Е. А. Видовое разнообразие микромицетов лиственницы сибирской на территории лесничеств Красноярского края 161

Сокорнова С. В., Окулова Е. С., Емельянов Д. А. Ризосферная микобиота *Vaccinium* в сосняках после низовых пожаров 162

Степанов Н. С., Кожевникова В. А., Купчинская Е. А., Тимофеева О. А. Сравнительный анализ содержания биохимических компонентов в фитомассе *Trifolium pratense* L. в различных почвенно-климатических условиях 163

Строкина А. А., Калугина О. В., Афанасьева Л. В. Особенности изменения структуры покровных тканей и оводненности клеток хвои сосны обыкновенной и лиственницы сибирской при техногенном стрессе 164

Сухарева Т. А., Живов Д. А., Ершов В. В. Трансформация элементного состава растений северотаежных лесов в условиях аэротехногенного загрязнения 165

Терёхина Л. Д. Морфометрические показатели *Fritillaria ruthenica* Wikstr. в природной и антропогенно нарушенной территории 166
Тихомиров А. А., Ушакова С. А., Тихомирова Н. А. Проблемы устойчивости растений в замкнутых экосистемах к факторам среды 167
Федосеева Е. В., Сергеева Ю. Д., Волкова В. Д., Терехова В. А. Условия и механизмы стимулирования спорообразования мицелиальных почвенных грибов 168
Фотев Ю. В., Ломако И. С., Сунь Ц., Казакова О. А. Приоритеты в селекционных оценках вигны при интродукции на юге Западной Сибири 169
Шергина А. В. Пространственный анализ экологического состояния городской среды с использованием березовых насаждений в качестве биоиндикатора 170
Шергина О. В., Калугина О. В. Оценка загрязнения территории Прибайкалья полициклическими ароматическими углеводородами 171

СЕКЦИЯ 3. АГРОБИОФАРМТЕХНОЛОГИИ

Алшиха А., Немтарев А. В., Каюмов А. Р., Прохоренко Н. Б., Тимофеева О. А. Компонентный состав и антибактериальная активность эфирных масел шести видов семейства Lamiaceae, произрастающих в Республике Татарстан 173
Амброс Е. В., Тюрин М. В., Крупович Е. С., Гольденберг Б. Г. Повышение адаптационной способности микрорастений земляники садовой в условиях *ex vitro* при эндофитной колонизации *Beauveria bassiana* 174
Афанасьева Л. В., Рупышев Ю. А., Серебрюхова А. К., Дылгырова И. В. Оценка состояния ценопопуляций *Rhododendron adamsii* в высокогорьях Восточного Саяна 175
Бабынин Э. В., Румянцева Н. И. Идентификация нового вида *Pseudomonas chegetensis* sp. Nov., перспективного для биоремедиации и создания биоудобрений 176
Бакулина А. В., Бессолицына Е. А. Полиморфизм гена транспортера цитрата у сортов ячменя 177
Баранцова М. А., Амброс Е. В. Преодоление морфофизиологического покоя семян *Paeonia lactiflora* в условиях *in vitro* 178
Батукаев А. А., Батукаев М. С. Влияние состава питательной среды на ризогенез винограда *in vitro* 179
Башкирова К. А., Бобков С. В. Влияние различных форм азота на содержание хлорофилла у отдаленных гибридов гороха 180
Величко А. Ю., Амброс Е. В., Величко В. В., Круглов Д. С., Васильева О. Ю. Оптимизация условий культивирования *Lithospermum officinale* L. *in vitro* как перспективного источника нафтохинонов 181
Жигачева И. В., Крикунова Н. И. Карбоксихроманат-2-этил-метил-3-гидроксипиридин предупреждает развитие окислительного стресса у проростков гороха в условиях дефицита воды 182
Загоскина Н. В., Нечаева Т. Л. Комбинированное воздействие УФ-Б радиации и гидроксибензойных кислот на *in vitro* культуры *Camellia sinensis*: морфология, перекисное окисление липидов, накопление полифенолов различной степени полимеризации 183

Иванов Р. С., Тимергалин М. Д., Четвериков С. П., Кудоярова Г. Р. Влияние гуминовых веществ и бактерий, стимулирующих рост растений, на укоренение черенков тополя черного (*Populus nigra* L.) 184

Коннова С. А., Ишмухаметов И. Р., Баташева С. Н. Композитный материал для повышения устойчивости томата к засухе 185

Коротаева Н. Е., Шмаков В. Н., Бельков В. И., Пятрикас Д. В., Горбенко И. В. Влияние низких температур на содержание дегидринов в каллусных клетках сосны обыкновенной 186

Корсукова А. В., Любушкина И. В., Кириченко К. А., Забанова Н. С., Бережная Е. В., Побежимова Т. П., Дударева Л. В., Дорофеев Н. В., Грабельных О. И. Защитный эффект тебуконазола на клеточные мембраны озимой пшеницы при действии гербицида флуридона 187

Кузнецова М. В., Ахунова Р. Р., Кузнецова Т. Н., Григориади А. С., Гарипова М. И., Ямалеева А. А., Фархутдинов Р. Г. Сравнение биологической эффективности культуральной жидкости *Bacillus subtillis* 3Н и ее метаболитов по отношению фитопатогенам 188

Липчанская Т. В., Гурина В. В., Капустина И. С., Спиридонова Е. В., Озолина Н. В. Влияние почвенной засухи на компонентный профиль фракций стеринов и их эфирных производных в листьях мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) 189

Любушкина И. В., Поморцев А. В., Полякова М. С., Забанова Н. С., Полякова Е. А., Побежимова Т. П., Грабельных О. И. Применение метода индуцированного андрогенеза и получение зеленых растений-регенерантов у мягкой озимой и яровой пшеницы 190

Михеева Е. И. Биосенсорные системы на основе Crispr/Cas для экспресс-выявления фузариозной инфекции зерновых культур в полевых условиях 191

Михеева Е. И. Портативная LAMP-диагностика фузариозной инфекции зерновых культур и перспективы её полевого применения 192

Носкова Н. Е., Носкова М. А., Смольникова Я. В., Стутко О. В., Ханипова В. А., Носков Е. А. Исследование аминокислотного состава эмбриогенных масс сибирских хвойных рода *Pinus* 193

Онучина У. И., Бобков С. В. Исследование полиморфизма запасных белков у абиссинского и посевного гороха 194

Павличенко В. В., Протопопова М. В. Формирование карликового фенотипа тополя в результате его агробактериальной генетической трансформации геном *ATGA2OX2* 195

Рекославская Н. И., Третьякова А. В. Создание кандидатной терапевтической вакцины против рака на основе «раннего» белка папиллома вируса ВПЧ16 Е2, экспрессируемого в плодах трансгенного томата 196

Саратовских Е. А., Смирнов В. С., Голосов Е. В., Жидков М. В., Лебедев А. Т., Черняк А. В., Метальников П. С., Супырев А. В., Яруллин Р. Н. Применение микроорганизмов для очистки стоков производства нитрованной целлюлозы 197

Сёмин А. А., Устинов В. А., Жаворонкова А. Е., Березина Е. В., Брилкина А. А. Влияние концентрации сахарозы на накопление биомассы и фенольных соединений суспензионными клетками брусники обыкновенной 198

Сергеева В. Д., Сухова А. А., Березина Е. В., Брилкина А. А. Стимулирование светом накопления некоторых фенольных соединений в клетках суспензионных культур *Vaccinium corymbosum* L. 199

Слезина М. П., Одинцова Т. И. Антимикробный потенциал синтетических пептидов производных дефензинов *Thinopyrum elongatum* для практического применения в сельском хозяйстве и медицине 200

Степанов А. В., Грабельных О. И. Особенности микроклонального размножения различных видов *Fragaria* 201

Сухова А. А., Сергеева В. Д., Березина Е. В., Брилкина А. А. Зависимость накопления фенольных соединений в клеточных культурах *Vaccinium corymbosum* L. от концентрации фитогормонов и условий освещения 202

Тамаровский Д. С., Чеснокова А. Н., Жданова Г. О. Оценка электрогенной активности микробного биопрепарата DOP-UNI в биотопливных элементах 203

Тимергалин М. Д., Иванов Р. С., Назаров А. М., Четвериков С. П., Кудоярова Г. Р. Влияние гуматов и бактериальных препаратов на состояние посадочногоматериала клена серебристого (*Acer accharinum* L.) 204

Чирикова Н. К., Оленников Д. Н. Фенольные соединения *Dracocephalum palmatum* 205

Эмрез А. А., Яковец О. Г. Использование вытяжек из *Polyscias filicifolia* L. для повышения устойчивости проростков ржи к засолению 206

Авторский указатель 207

Информация о спонсорах .....

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дорогие участники конференции!

Перед Вами сборник тезисов докладов VII Всероссийской научной конференции «Устойчивость растений и микроорганизмов к неблагоприятным факторам среды», в котором представлены результаты современных и актуальных исследований в области физиологии и биохимии растений, микробиологии, экологии и биотехнологии, полученные учеными разных регионов России и ближнего зарубежья. Эта конференция является продолжением серии конференций, начало которых было положено 50 лет назад в Сибирском институте физиологии и биохимии растений.

В 1976 г. было организовано первое мероприятие – Всесоюзное совещание «Физиолого-биохимические и экологические аспекты устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды» (сентябрь, Иркутск). Инициаторами проведения первой конференции были член-корреспондент АН СССР Федор Эдуардович Реймерс, к тому времени уже бывший директор Института, и заведующая лабораторией физиологии устойчивости растений, к.б.н. Октябрина Павловна Родченко.



Иркутск, 1984 г. Общее фото участников конференции

Впоследствии такие конференции стали проводить на постоянной основе, вплоть до 1991 г. 1980 г. – Всесоюзная конференция «Физиология устойчивости растений к низким температурам и заморозкам»; 1984 г. – Всесоюзная конференция «Устойчивость к неблагоприятным факторам среды и продуктивность»; 1986 г. – Мероприятие проходило в начале 1986 г. в Листвянке, был организован Круглый стол «Рост и устойчивость растений»; 1991 г. – Всесоюзная конференция «Генетические механизмы устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды». «Лихие» 90-е оставили свой след на научной жизни Ин-

ститута, который также переживал трудные годы со всей страной. И только в 2007 г. конференции стали проводить снова. Инициатором и организатором конференций после перерыва стал д.б.н., профессор Виктор Кириллович Войников.

2007 г. – Всероссийская научная конференция «Устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды»; 2009 г. – Всероссийская научная конференция «Устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды»; 2013 г. – Всероссийская научная конференция «Факторы устойчивости растений в экстремальных природных условиях и техногенной среде»; 2016 г. – Всероссийская научная конференция с международным участием и школы молодых ученых «Факторы устойчивости растений в экстремальных природных условиях и техногенной среде»; 2018 – Всероссийская научная конференция с международным участием и школы молодых ученых «Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям» была проведена в рамках Годичного собрания Общества физиологов растений России (10–15 июля, Иркутск); планируемая на 2020 г. Международная научная конференция «Растения в экстремальных природных и антропогенных условиях: от индикаторов стресса до технологий управления устойчивостью» не состоялась из-за эпидемии «Ковид»; в 2023 г. впервые была проведена выездная конференция – VI Всероссийская научная конференция с международным участием «Устойчивость растений и микроорганизмов к неблагоприятным факторам среды» (3–7 июля, Иркутск – Большое Голоустное).

В этом году конференция проводится в юбилейный для Института год – 31 марта 2026 г. СИФИБР СО РАН исполнилось 65 лет со дня основания. Кратко остановимся на основных исторических этапах.

Институт был организован в 1961 г. как Восточно-Сибирский биологический институт СО АН СССР на базе Отдела биологии Восточно-Сибирского филиала СО АН СССР, который был создан в г. Иркутске еще в 1949 г. В декабре 1966 г. Восточно-Сибирский биологический институт СО АН СССР реорганизован в Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО АН СССР. На основании указа Президента РСФСР в 1991 г. Институт вошел в состав Российской академии наук. В 1992 г. Институт получил свое современное название – Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (СИФИБР СО РАН).



Иркутск, 2018 г. Общее фото участников конференции



Большое Голоустное, 2023 г. Участники Круглого стола
«Экологические проблемы Прибайкалья и пути их решения»

Первым директором и организатором Института с 1961 по 1976 г. был вышеупомянутый известный физиолог растений, ученик Н. И. Вавилова, профессор, член-корреспондент АН СССР Федор Эдуардович Реймерс. С 1976 по 2002 г. Институт возглавлял член-корреспондент РАН, профессор Рюрик Константинович Саляев. С 2002 по 2017 г. директором был д.б.н., профессор Виктор Кириллович Войников. С 2017 по 2026 г. Институт возглавлял д.б.н. Виктор Иванович Воронин. В настоящее время исполняет обязанности директора Института д.с.-х.н. Максим Анатольевич Раченко.

Со дня своего основания в далекие 60-е гг. Институт участвовал в важнейших для региона исследованиях: в период строительства Братской ГЭС были разработаны рекомендации по борьбе с гнусом, который снижал производительность труда и осложнял быт строителей ГЭС. Институт оказал существенную помощь в освоении целинных и залежных земель региона. При строительстве БАМ разработаны рекомендации по защите лесов от болезней и вредителей. Впервые в стране разработана технология синтеза микросферических сульфополистерольных катионитов аналитического назначения, не уступающих по качеству лучшим международным стандартам. Разрабатываются адаптированные к суровым климатическим условиям новые технологии выращивания культурных растений. Впервые проведены исследования высокогорной флоры региона, за которые автор д.б.н. Л. И. Малышев удостоен Премии АН СССР им. В. Л. Комарова. Был разработан проект и осуществлено строительство первого в стране отечественного фитотрона – станции искусственного климата, функционирует до сих пор и способствует развитию новых направлений исследований.

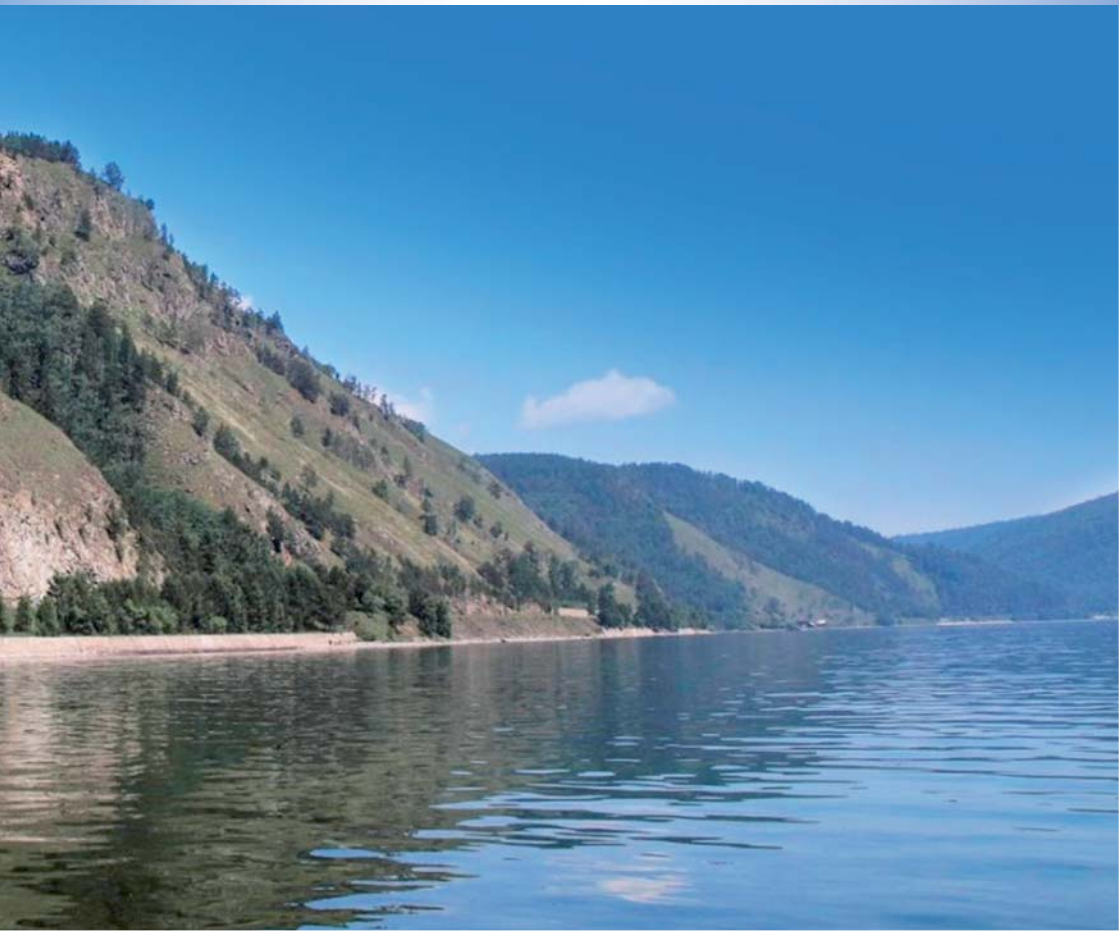
65 лет – серьезный срок для научной организации. Это время не только подведения итогов, но и построения планов на будущее. Сегодня Институт также продолжает развивать заложенные традиции, идти в ногу со временем, развиваться и ставить перед собой высокие цели. Институт является одним из ведущих научных учреждений, разрабатывающих приоритетные проблемы современной физиологии и биохимии растений. Основными

направлениями исследований являются: молекулярная биология растений; структура генома, генная инженерия, биотехнология; механизмы устойчивости и продуктивности растений; растительно-микробные взаимодействия; дендрохронология; физиолого-экологические проблемы биоразнообразия. Сложившийся в Институте коллектив позволяет надеяться на успешное разрешение сложных и важных задач современной биологии. В настоящее время в Институте функционируют 9 лабораторий, 1 отдел; 2 стационара – Заларинский агроэкологический стационар, стационар «Речка Выдрино». Общая штатная численность – 165 человек, из них 72 научных работника, 15 докторов наук, 56 кандидатов наук.

Взгляд в будущее позволяет нам с уверенностью сказать, что основные фундаментальные и прикладные исследования СИФИБР СО РАН, такие как изучение геномики, протеомики и метаболомики растений и микроорганизмов при стрессах разной природы, изучение устойчивости и динамики наземных экосистем в меняющихся климатических условиях и при антропогенной нагрузке, сохранение биологического разнообразия Байкальской Сибири продолжаться и будут развиваться с учетом актуальных современных вызовов и трендов, а это означает, что у всего научного сообщества, вовлеченного в изучение физиолого-биохимических основ устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным факторам среды будет повод встретиться на полях наших будущих конференций и обсудить насущные вопросы, поделиться результатами и новыми подходами в рамках актуальных направлений биологии.

Организационный комитет конференции

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ



РОЛЬ ФЕРМЕНТОВ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЫХАНИЯ МИТОХОНДРИЙ В ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ КЛЕТКАХ РАСТЕНИЙ ПРИ СТРЕССЕ

Г. Б. Боровский

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
borovskii@sifibr.irk.ru

Ключевые слова: активные формы кислорода, альтернативные дыхательные ферменты, митохондрии растений, разобщенное дыхание, фотосинтезирующие клетки

THE ROLE OF ALTERNATIVE RESPIRATORY ENZYMES IN PHOTOSYNTHETIC PLANT CELLS UNDER STRESS

G. B. Borovskii

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: alternative respiratory enzymes, photosynthetic cells, plant mitochondria, reactive oxygen species, uncoupled respiration

Растения имеют две взаимосвязанные системы клеточной генерации энергии – дыхательную и фотосинтетическую. И если в гетеротрофных клетках и в темноте главная роль в энергетическом обеспечении метаболизма принадлежит митохондриальному дыханию, то в фотосинтезирующих клетках эту функцию берет на себя фотосинтез в хлоропластах. Роль митохондрий на свету остается первостепенной, но трансформируется для других задач. В последние годы стало понятно, что, вероятно, основной для митохондрий в фотосинтезирующих клетках растений при освещении становится роль буфера, позволяющего держать под контролем баланс производства АТФ, регулировку уровня восстановленности пиридиннуклеотидов, генерации АФК и АФА, а также оптимизировать основные метаболические потоки, что особенно важно при стрессах.

Важная часть из этих неканонических для митохондрий функций обеспечивается альтернативными дыхательными ферментами митохондрий, многие из которых активны при стрессе. У *Arabidopsis thaliana* эти ферменты кодируют семь генов NAD(P)H-дегидрогеназ типа II (ND II: *NDA1-2, NDB1-4, NDC1*) и пять генов альтернативной оксидазы (*AOX1a-d, AOX2*) и три гена разобщающего белка (*UCP1-3*). В условиях, когда энергия интенсивно вырабатывается светозависимыми реакциями фотосинтеза, хлоропласты демонстрируют недостаточную способность поставлять АТФ в цитозоль. Энергия при этом частично поставляется из хлоропластов в митохондрии в форме малата, а окисление малата генерирует НАДН и АТФ. Переключение митохондрий на несопряженные (альтернативные) пути транспорта электронов является способом достижения стабильности и энергоэффективности фотосинтезирующих клеток.

Исследование выполнено при поддержке государственного задания Минобрнауки России для СИФИБР СО РАН (Рег. № НИОКТР – 125021902487-9) и Российского научного фонда (проект 23-24-00097, https://rscf.ru/project/23-24-00097).

ИССЛЕДОВАНИЯ СИБИРСКОГО ИНСТИТУТА ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ РАСТЕНИЙ СО РАН В ОБЛАСТИ ЛЕСНОЙ ЭКОЛОГИИ

В. И. Воронин*, Т. И. Морозова, В. А. Осколков, А. П. Сизых
СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
**bioin@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: Байкальская Сибирь, лесные пожары, парагенез

STUDIES OF THE SIBERIAN INSTITUTE OF PLANTS PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY SB RAS IN THE FIELDS OF FOREST ECOLOGY

V. I. Voronin*, T. I. Morozova, V. A. Oskolkov, A. P. Sizykh
SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: Baikalian Siberia, forest fires, paragenese

Значимым экологическим фактором ослабления лесов в регионе является также распространение и вспышки массового размножения насекомых-ксилофагов и филлофагов. Показано, что их вредоносность может возрастать до экстремально высокой, когда они способны вызвать изменение структуры насаждений. Развитие двух серьезных угроз, таких как произошедшая эпидемическая вспышка бактериальной водянки и активно развивающаяся инвазия уссурийского полиграфа, в корне меняет лесопатологическую ситуацию – под угрозой оказывается существование темнохвойных лесов Южного Прибайкалья, как экосистемы. Практически все темнохвойные леса Хамар-Дабана в ближайшие пять лет будут существенным образом повреждены, а пожароопасная ситуация станет чрезвычайной.

Установлено, что возникновение лесных пожаров сопряжено с засухами, когда количество солнечных пятен уменьшается. Результаты кросс-вейвлет анализа иллюстрируют синхронность между пожарами и числом солнечных пятен, которая происходит в 11-летнем солнечном цикле, что указывает на значительную роль солнечной активности в развитии засухи и, следовательно, лесных пожаров.

Секвестрация диоксида углерода хвойными лесами, произрастающими на территории Байкальского природного региона (БПР), составляет 354,08 млн т, ежегодная продукция фотосинтетического кислорода составляет 1030,0 млн т O_2.

Анализ совокупности данных, полученных при исследованиях экотональной растительности Прибайкалья, в первую очередь почвенно-геоботанических профилей, демонстрирует явление парагенеза растительных сообществ. Парагенез понимается как развитие растительных сообществ, сходных по составу и структуре и не относящихся к зональному типу (поясу) растительности.

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МЕХАНИЗМЫ

С. А. Гераськин

НИЦ «Курчатовский институт» – Курчатовский комплекс радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

stgeraskin@gmail.com

Ключевые слова: растения, ионизирующее излучение, адаптация, эпигенетика, популяции

PLANT RESISTANCE TO ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS: MECHANISMS AND PATTERNS

S. A. Geras'kin

NRC "Kurchatov Institute" – Kurchatov Complex of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russian Federation

Keywords: plants, ionizing radiation, adaptation, epigenetics, populations

Адаптация к стрессорам окружающей среды является важнейшим свойством растений, позволяющим им, несмотря на неподвижный образ жизни, выживать в изменчивой среде. Повышенная устойчивость большинства растений к ионизирующему излучению по сравнению с животными связана с более эффективной системой антиоксидантной защиты, системами репарации ДНК, образованием новых репродуктивных структур в ходе онтогенеза, сдерживающих действие вредных мутаций, а также значительной избыточностью производства семян. Хроническое радиационное воздействие активирует биологические механизмы, приводящие к повышению радиорезистентности популяции. Высокие мощности доз хронического облучения приводят к отбору на эффективность систем репарации, тогда как низкие активируют эпигенетические механизмы, которые приводят к поддержанию окислительного баланса, дополнительному синтезу шаперонов и контролю перемещения мобильных генетических элементов. Облучение может приводить к нарушению связей между компонентами экосистем и последствиям, которые могут кардинально отличаться от ожидаемых на основе информации об организменном и популяционном уровнях. Поэтому использование экологических знаний имеет важное значение для понимания реакций популяций и экосистем на воздействие стрессоров.

Подготовка доклада выполнена в рамках государственного задания НИЦ «Курчатовский институт» по теме «Исследования воздействия радиации на процессы жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов на генетическом, молекулярном и клеточном уровне с применением современных методов» (5ф.6.3).

Основные публикации автора по тематике доклада:

Geras'kin S. Plant adaptation to ionizing radiation: mechanisms and patterns // Science Total Environment. 2024. Vol. 916. Art. 170201. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.170201

Comparative analysis of epigenetic variability in two pine species exposed to chronic radiation in the Chernobyl and Fukushima affected zones / V. Bondarenko, S. Geras'kin, E. Bondarenko, V. Yoschenko, S. Bondarenko, A. Khanova, D. Garbaruk, K. Nanba // Environmental Pollution. 2023. Vol. 330. Art. 121799. DOI: 10.1016/j.envpol.2023.121799

КАЛЬЦИЕВЫЕ КАНАЛЫ РАСТЕНИЙ И ИХ РОЛЬ В ОТВЕТАХ НА СТРЕССОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ

В. В. Демидчик

ГНУ «Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси», Минск, Беларусь
demidchik@botany.by

Ключевые слова: Ca^{2+}-каналы, клеточная сигнализация, стресс, высшие растения

CALCIUM CHANNELS OF HIGHER PLANTS AND THEIR ROLE IN PLANT STRESS RESPONSES: CURRENT STATE OF THE ART

V. V. Demidchik

Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus

Keywords: Ca^{2+} channels, cell signalling, stress, higher plants

Генерация кальциевых сигналов (временное повышение уровня активности Ca^{2+} в цитоплазме), сопровождает практически любое стрессовое воздействие у растений, включая засоление, засуху, тяжелые металлы, патогены и окислительный стресс. За генерацию Ca^{2+}-сигналов в клетке ответственны Ca^{2+}-проницаемые ионных каналы (Ca^{2+}-каналы) – ионные поры, катализирующие входящий поток Ca^{2+} в цитоплазму. Впервые потоки Ca^{2+} через мембраны клеток растений были зарегистрированы более полувека назад. Тем не менее генетическая природа и структура опосредующих их белков оставалась непонятной до недавнего времени. Уже в первых расшифрованных геномах растений были обнаружены гены, схожие с генами катионных каналов животных, а к концу 2010-х были выявлены генетические семейства ионных каналов растений, обладающие потенциальной Ca^{2+}-проницаемостью. Это в первую очередь семейства Cyclic Nucleotide Gated Channels (CNGC) и Plant Glutamate Receptor-like (GLR), продукты которых в гетерологических экспрессионных системах могут формировать соответствующие проводимости. Филогенетический, структурный и функциональный анализ CNGC показал, что они эволюционно слабо связаны с их гомологами в других Царствах. В 2025 г. было обнаружено, что CNGC растений утратили возможность активироваться цАМФ и цГМФ ввиду структурного изменения в сайте связывания циклических нуклеотидов. Недавно расшифрованная структура селективного фильтра AtCNGC5 показала высокую избирательность к Ca^{2+}, что делает CNGC первыми «истинными» Ca^{2+}-каналами растений. GLR растений в отличие от гомологов животных имеют значительно более крупные размеры субъединиц, иную доменную организацию и содержат сайт связывания глутатиона. Как CNGC, так и GLR растений формируют нескольких клад, достаточно отдаленных, чтобы рассматривать их в качестве самостоятельных семейств. Для CNGC и GLR установлен ряд функций, среди которых Ca^{2+}-сигнализация при стрессе является одной из ключевых. В последние годы также выявлены уникальные семейства «неканонических» Ca^{2+}-каналов растений, включая каналы семейства MILDREW RESISTANCE LOCUS O (MLO), WTS (WeiTsing), REDUCED-HYPEROSMOLALITY-INDUCED-$[Ca^{2+}]_i$-INCREASE 1 (OSCA1), Resistosomes и Механочувствительные каналы MCA, MSL и Piezo. Определена их структура, селективность, особенности регуляции и роль в стрессовых ответах.

Работа поддержана грантом БРФФИ № Б25КИ-086.

СТРАТЕГИИ МАССОВОГО АНАЛИЗА ОМИКСНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ МОЛЕКУЛЯРНЫХ МЕХАНИЗМОВ СТРЕССОВОГО ОТВЕТА РАСТЕНИЙ

А. В. Дорошков [1,2]*, А. В. Бобровских [1], Е. И. Бондар [1,2], У. С. Зубаирова [1]

[1] ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия
[2] СФУ, Красноярск, Россия

**ad@bionet.nsc.ru*

Ключевые слова: генетические механизмы, метаанализ данных, системная биология, стрессы растений, транскриптом

STRATEGIES FOR LARGE-SCALE OMICS DATA INTEGRATION IN PLANT STRESS BIOLOGY

A. V. Doroshkov [1,2]*, A. V. Bobrovskikh [1], E. I. Bondar [1,2], U. S. Zubairova [1]

[1] ICG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[2] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

Keywords: genetic mechanisms, data meta-analysis, systems biology, plant stress, transcriptome

В условиях глобальных климатических изменений защита агроэкосистем зависит от понимания и улучшения адаптационного потенциала растений. Классический генетический анализ сегодня дополнен «омиксными» технологиями массового сбора данных. Это позволяет реконструировать полигенную архитектуру ответа на биотические и абиотические стрессы, выявляя как мажорные регуляторы, так и минорные взаимодействия со значимым суммарным эффектом. Метаанализ транскриптомных данных помогает массово выявлять нетривиальные закономерности устойчивости. Объединение сотен RNA-seq экспериментов позволяет перейти от единичных корреляций к моделированию глобальных сетей генной регуляции, консервативных каскадов и вариабельных элементов систем.

Главным методологическим барьером массового анализа является «пакетный эффект» (batch effect), вызванный гетерогенностью лабораторных протоколов, платформ секвенирования и деталей условий выращивания. Коррекция этого вычислительного шума без потери биологического сигнала требует применения стандартизованных методов нормализации и факторного анализа.

В докладе будет представлен обзор используемых авторами стратегий для унификации однородных экспериментов с одной стороны, и стратегий использования дополнительных факторов для дифференциальной реконструкции регуляторных взаимосвязей с другой. Комбинация таких подходов для метаанализа классических (bulk) транскриптомов и транскриптомов с клеточным разрешением делает реконструируемую картину стрессового ответа более полной.

Стратегии были применены для изучения ответа на абиотические стрессы как модельного вида *Arabidopsis thaliana*, так и культурных видов растений, таких как *Triticum aestivum*, *Zea mays*, виды рода Solanum. Работа с широким кругом видов даёт эволюционную перспективу и позволяет переходить от изучения отдельных генов стрессового ответа к процессам самоорганизации мультигенных ансамблей.

МИТОХОНДРИАЛЬНАЯ ГЕТЕРОПЛАЗМИЯ И ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЙ ОТБОР МИТОХОНДРИАЛЬНОЙ ДНК

Д. А. Кнорре

НИИ ФХБ имени А. Н. Белозерского МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

knorre@belozersky.msu.ru

Ключевые слова: гетероплазмия, дрожжи, митохондриальная ДНК, эгоистичный ген

MITOCHONDRIAL HETEROPLASMY AND INTRACELLULAR SELECTION OF MITOCHONDRIAL DNA

D. A. Knorre

Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, MSU, Moscow, Russian Federation

Keywords: heteroplasmy, yeast, mitochondrial DNA, selfish gene

У эукариот на каждую копию ядерного генома обычно приходится множество копий митохондриальной ДНК (мтДНК). Если в одной клетке присутствуют различающиеся варианты мтДНК, такое состояние называют митохондриальной гетероплазмией. У растений и грибов она описана многократно, причем часто один из вариантов содержит мутации, вредные для клетки в целом, но не препятствующие репликации и распространению этого варианта внутри клетки. Такие варианты попадают под определение «эгоистичного гена». Мы исследовали траектории митохондриальной гетероплазмии на примере пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, искусственно создавая ее скрещиванием клеток с мтДНК дикого типа (*rho*$^+$) и клеток, чья мтДНК содержит обширную делецию (*rho*$^-$). Мы оценили реакцию клеток на появление мутантных вариантов: *rho*$^-$-мтДНК не вызывала накопления маркеров митохондриального стресса, то есть оставалась практически «невидимой» для систем его детекции. Кроме того, мы измерили способность *rho*$^-$-вариантов вытеснять *rho*$^+$-мтДНК при скрещивании. Оказалось, что некоторые из них со временем увеличивают свою долю, несмотря на низкую исходную копийность. Такие варианты, будучи бесполезными для клетки, обладают повышенной приспособленностью на внутриклеточном уровне и тем самым являются эгоистичными. Наши результаты предполагают, что внутриклеточная приспособленность *rho*$^-$-вариантов мтДНК растет от поколения к поколению за счет вторичных делеций, которые приводят к появлению более эгоистичных вариантов. Таким образом, накопление мутантных вариантов, движимое мутациями и внутриклеточным отбором, уравновешивается отбором на уровне целых клеток, который запускается лишь при высокой степени гетероплазмии. Мы предполагаем, что в ходе эволюции эукариот выработались механизмы, препятствующие распространению эгоистичных вариантов мтДНК.

Исследование выполнено при поддержке фонда РНФ (проект 22-14-00108-П).

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС ГЕНОВ В ОРГАНЕЛЛЫ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫЙ ПЕРЕНОС МИТОХОНДРИЙ У ВЫСШИХ ЭУКАРИОТ

Ю. М. Константинов*, В. И. Тарасенко, Т. А. Тарасенко

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**yukon@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: митохондрии, ДНК, трансмембранный перенос, горизонтальный перенос

HORIZONTAL GENE TRANSFER INTO ORGANELLES AND HORIZONTAL MITOCHONDRIA TRANSFER IN HIGHER EUKARYOTES

Yu. M. Konstantinov*, V. I. Tarasenko, T. A. Tarasenko

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: mitochondria, DNA, transmembrane transfer, horizontal transfer

Митохондрии эукариот обладают такими уникальными свойствами, как природная компетентность к поглощению ДНК и недавно обнаруженной способностью к горизонтальному переносу между клетками. Работа посвящена анализу данных в пользу представлений о связи митохондриального импорта ДНК с эволюционно-генетическими процессами и рассмотрению перспектив прикладного использования горизонтального переноса митохондрий. Импортом ДНК в митохондрии с последующей интеграцией в ходе длительной эволюции можно объяснить феномен инфляции митогеномов, проявляющийся в виде необычайно большого размера у наземных растений. Митогеномы растений содержат гигантского размера межгенные спейсеры, интроны в генах, многочисленные повторы, а также у многих видов видоспецифические наборы кольцевых и линейных плазмид, что делает митохондрии кандидатом на применение в биотехнологии. Сравнительно недавно установлено, что определенные типы клеток млекопитающих экспортируют свои митохондрии для доставки в клетки, не связанные между собой по стадии развития путем процесса, названного межклеточным переносом митохондрий (МПМ). Выявлена роль МПМ в регуляции клеточного метаболизма, канцерогенезе, функционировании иммунной системы, поддержании тканевого гомеостаза, контроле качества митохондрий, заживлении ран и функции жировой ткани. Открываются перспективы использования МПМ при разработке новых стратегий для лечения болезней человека и усиления клеточной терапии.

Основные публикации авторов по тематике доклада:

Borcherding N., Brestoff J. R. The power and potential of mitochondria transfer // Nature. 2023. Vol. 623 (7986). P. 283–291. DOI: 10.1038/s41586-023-06537-z

Tric proteins and TOM complex subunits are involved in the import of short DNA fragments into Arabidopsis mitochondria / T. A. Tarasenko, K. D. Elizova, V. I. Tarasenko, M. V. Koulintchenko, Yu. M. Konstantinov // Protoplasma. 2025. Vol. 262, N 6. P. 1591–1603. DOI: 10.1007/s00709-025-02083-9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛНОГЕНОМНЫХ ДАННЫХ И ПРОГНОСТИЧЕСКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ АДАПТИВНОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ (*LARIX SIBIRICA* L.) К БУДУЩИМ КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ

К. В. Крутовский [1,2,3]*, С. В. Новикова [2,4], Н. В. Орешкова [2,4,5], В. В. Шаров [2,4]

[1] ИОГен РАН, Москва, Россия
[2] СФУ, Красноярск, Россия
[3] ВГЛТУ, Воронеж, Россия
[4] ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия
[5] ИЛ СО РАН, Красноярск, Россия

**kkrutovsky@gmail.com*

Ключевые слова: бореальный лес, изменение климата, ddRADseq, genomic offset, SNPs

USE OF WHOLE GENOME DATA AND PREDICTIVE CLIMATE MODELS FOR ASSESSMENT OF THE ADAPTIVE GENETIC POTENTIAL AND POTENTIAL RESILIENCE OF SIBERIAN LARCH (*LARIX SIBIRICA* L.) POPULATIONS TO FUTURE CLIMATE CHANGE

K. V. Krutovsky [1,2,3]*, S. V. Novikova [2,4], N. V. Oreshkova [2,4,5], V. V. Sharov [2,4]

[1] N. I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, Moscow, Russian Federation
[2] Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation
[3] VSUFT, Voronezh, Russian Federation
[4] FRC, Krasnoyarsk Science Center SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation
[5] V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation

Keywords: boreal forest, climate change, ddRADseq, genomic offset, SNPs

The vulnerability of 37 Siberian larch populations across climatically diverse regions of Russia to future climate change was evaluated using a genomic offset (GO) framework that integrates genome-wide SNP data with environmental variables. Gene-environment association (GEA) analyses (BayeScEnv, LFMM2, and RDA) identified candidate adaptive loci linked to six key bioclimatic variables. Based on these loci, GO was estimated using three approaches implemented in RONA–RDA, RDA, and Gradient Forest frameworks under multiple climate models (MIROC6, BCC-CSM2-MR, MRI-ESM2-0), scenarios (SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5), and time periods (2041-2060, 2061-2080, 2081-2100). Results revealed consistent spatial patterns of vulnerability, with northern and high-altitude populations, as well as populations from more continental and moisture-limited regions, exhibiting the highest GO and thus the greatest risk of maladaptation. In contrast, several central and southern populations showed relatively low vulnerability. The importance of temperature sta-bility (isothermality) and precipitation of the driest month as key drivers of adaptive variation was highlighted. Overall, our findings demonstrate substantial heterogeneity in climate vulnerability across the species range and provide a genomic basis for conservation strategies, including assisted gene migration and climate-adaptive forest management.

РОЛЬ ЭКСПАНСИНОВ И КСИЛОГЛЮКАНЭНДОТРАНСГЛИКОЗИЛАЗ В АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К АБИОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ

Б. Р. Кулуев*, З. А. Бережнева, Х. Г. Мусин

ИБГ УФИЦ РАН, Уфа, Россия

**kuluev@bk.ru*

Ключевые слова: рост клеток растяжением, клеточная стенка, трансгенные растения, стрессоустойчивость

THE ROLE OF EXPANSINS AND XYLOGLUCANENDOTRANSGLYCOSYLASES IN PLANT ADAPTATION TO ABIOTIC STRESS

B. R. Kuluev*, Z. A. Berezhneva, Kh. G. Musin

Institute of Biochemistry and Genetics of UFRC RAS, Ufa, Russian Federation

Keywords: cell expansion, cell wall, transgenic plants, stress resistance

Экспансины – неферментативные белки, вызывающие обратимое разрушение водородных связей между микрофибриллами целлюлозы и связующими гликанами, что приводит к ослаблению клеточных стенок и их последующему растяжению у растущих клеток. Ксилоглюканэндотрансгликозилазы (XTHs) – апопластические гидролитические ферменты, которые осуществляют реакции трансгликозилирования и расщепления связующих гликанов клеточной стенки растений. Экспрессия экспансинов и XTHs связана с развитием запрограммированного ответа на абиотические стрессовые факторы, причем чаще всего при действии стрессоров наблюдается повышение содержания мРНК этих белков. В ряде работ показана защитная роль экспансинов и XTHs при действии таких стрессовых факторов как засуха, жара, холод, засоление, тяжелые металлы и др. В рамках изучения роли экспансинов и XTHs в регуляции роста растений, нами ранее были получены трансгенные растения табака с конститутивной экспрессией генов *PnEXPA1*, *PnEXPA3*, *PnXTH1 Populus nigra*. Нами также были проведены исследования генов экспансинов табака *NtEXPA1*, *NtEXPA4*, *NtEXPA5* и гена *NtEXGT*, кодирующего XTH табака. Был определен профиль экспрессии этих генов в различных органах табака в зависимости от возраста, при действии NaCl, засухи, гипотермии и при экзогенной обработке фитогормонами. На трансгенных растениях табака была показана вовлеченность экспансинов и XTHs в обеспечение роста при дефиците влаги путем поддержания клеточного растяжения в корнях и стеблях на высоком уровне и повышения способности эффективно сохранять влагу в листьях за счет влияния на плотность расположения устьиц и размеры устьичной щели, а также через влияние на ряд компонентов антиоксидантной системы.

РОЛЬ РИЗОСФЕРНОГО МИКРОБИОМА В АДАПТАЦИИ РЕДКИХ РАСТЕНИЙ СЕМ. FABACEAE К УСЛОВИЯМ ИХ ПРОИЗРАСТАНИЯ

Ю. А. Маркова [1]*, Д. А. Кривенко [1], Е. Р. Хадеева [2,3], А. Х. Галивонджян [4], А. О. Демкина [4], К. А. Гилеп [4], Д. А. Сутормин [4]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ИГ СО РАН, Иркутск, Россия
[3] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия
[4] Сколтех, Москва, Россия

**juliam06@mail.ru*

Ключевые слова: растения, ризосфера, микробиом, адаптация

MODULATION OF THE SOIL MICROBIOME BY RARE PLANTS OF THE FABACEAE FAMILY

Yu. A. Markova [1]*, D. A. Krivenko [1], E. R. Khadeeva [2,3], A. Kh. Galivondzhyan [4], A. O. Demkina [4], K. A. Gilep [4], D. A. Sutormin [4]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] IG SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[3] ISU, Irkutsk, Russian Federation
[4] Skoltech, Moscow, Russian Federation

Keywords: plants, rhizosphere, microbiome, adaptation

Редкие и реликтовые растения, произрастающие в экстремальных условиях, часто не могут выжить без поддержки ассоциированных микроорганизмов. Однако механизмы взаимодействия таких растений с почвенным микробиомом остаются малоизученными. Проведен сравнительный анализ структуры микробиома фоновой почвы и ризосферы семи видов редких бобовых (*Astragalus olchonensis, Vicia olchonensis, Hedysarum zundukii, Astragalus chorinensis, Oxytropis triphylla, Oxytropis muricata, Oxytropis microphylla*) на шести участках западного побережья Байкала и острова Ольхон, различающихся по физико-химическим свойствам. Образцы (n = 140) были проанализированы методом высокопроизводительного секвенирования гена 16S рРНК (V3–V4, Illumina MiSeq).

Показано, что ризосферный эффект проявляется не в увеличении альфа-разнообразия (статистически значимые различия зафиксированы только для *O. muricata*, p = 0,026), а в перестройке микробного сообщества: его корового (Core), вариабельного (Variable) и редкого (Rare) компонентов. Во всех ризосферных микробиомах возрастает представленность PGPR-таксонов, но их набор зависит от типа стресса.

Таким образом, редкие бобовые Прибайкалья используют ризосферный микробиом для адаптации к условиям их произрастания, а PGPR-таксоны, обогащенные в ризосфере, являются потенциальными кандидатами для разработки биопрепаратов, повышающих устойчивость растений к экстремальным условиям.

ПАРАДОКС ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ: ПОЧЕМУ ВЕГЕТИРУЮЩИЕ РАСТЕНИЯ РАЗУЧИЛИСЬ ДЕЛАТЬ ТО, ЧТО УМЕЮТ СЕМЕНА?

С. С. Медведев*, А. А. Ланкина, Г. Н. Смоликова

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

**s.medvedev@spbu.ru*

Ключевые слова: покой семян, прорастание семян, прайминг, устойчивость к засухе

THE DROUGHT TOLERANCE PARADOX: WHY HAVE VEGETATIVE PLANTS FORGOTTEN WHAT SEEDS CAN DO?

S. S. Medvedev*, A. A. Lankina, G. N. Smolikova

Saint-Petersburg University, Saint Petersburg, Russian Federation

Keywords: desiccation tolerance; dormancy; germination, priming, seeds

Способность выживать после высыхания стала решающим эволюционным шагом, позволившим первым растениям заселить сушу. Быстрая мобилизация устойчивости к высушиванию до сих пор сохраняется у мохообразных, некоторых водорослей, папоротников и цветковых растений (resurrection plants). Однако медленный рост ограничивал их потенциал для активного «освоения» суши. В ходе эволюции у семенных растений сформировались структуры, минимизирующие потерю воды (кутикула, эндодерма, устьица) и сосудистая система, оптимизирующая ее транспорт. Однако развитие способности эффективно удерживать воду привело к снижению их устойчивости к потере воды. Гены, которые на ранних этапах эволюции обеспечивали адаптацию к обезвоживанию всего растительного организма, стали специализироваться на защите лишь репродуктивных структур – пыльцы и семян. Таким образом, возникла парадоксальная ситуация: растения, страдающие от засухи даже при небольшом снижении оводненности, на стадии зрелого семени переносят практически полную потерю воды без повреждений. Важно также отметить, что т. н. «ортодоксальные» семена способны без повреждений обратимо набухать и терять воду в процессе прорастания вплоть до перехода к вегетативной фазе развития. Это уникальное свойство семян, проявляющееся при прорастании, активно используется для повышения качества посевного материала в ходе предпосевных обработок – например, при различных видах прайминга. Следовательно, в геноме растений имеются гены, продукты которых позволяют прорастающему семени противостоять повреждениям при потере воды и таким образом сохранять жизнеспособность не только при обезвоживании, но и при воздействии ряда других стрессоров. Однако при переходе от стадии семени к стадии проростка эта генетическая программа блокируется, и паттерн устойчивости вегетирующих растений резко меняется. В докладе планируется ответить на вопрос: в чем заключается принципиальное различие в адаптации к обезвоживанию между семенами и вегетирующими растениями – на уровне дифференциальной экспрессии генов, сигнальных путей, спектра белков и фитогормонов.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 25-16-00215.

СПЕЦИФИЧНОСТЬ ЭКСПРЕССИИ УДФГ-ТРАНСФЕРАЗ: ПРИ ГОРМОНАЛЬНОЙ РЕГУЛЯЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ, ПРИ БИОТИЧЕСКИХ И АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССАХ

Н. И. Рекославская [1]*, Л. А. Ломоватская [1], А. В. Третьякова [2], А. М. Гончарова [1]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия

**rekoslavskaya@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: УДФГ-трансфераза, *ugt*, рост, развитие, стрессы

SPECIFICITY OF EXPRESSION OF UDPG-TRANSFERASES: IN HORMONAL REGULATION OF GROWTH AND DEVELOPMENT, IN BIOTIC AND ABIOTIC STRESSES

N. I. Rekoslavskaya [1]*, L. A. Lomovatskaya [1], A. V. Tretyakova [2], A. M. Goncharova [1]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] ISU, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: UDPG-transferase, *ugt*, growth, development, stress

При гликозилировании ксенобиотиков и биотических токсинов образуются комплексы с глюкозой или другими сахарами, которые инициируют разнообразные пути сигнальной регуляции роста, развития и устойчивости растений к стрессам. Количество генов, кодирующих УДФГ-трансферазы (*ugt*) возросло в ходе эволюции: 1, 2 и 15 генов *ugt* у хламидомонады, мха и харовых водорослей, а у картофеля – 295, томата – 178, пшеницы – 179, арабидопсиса – 122, кукурузы – 148, винограда – 184, сои – 128, клена – 249, человека – 22 гена *ugt.* Трансгенные растения с геном *ugt* обладали высокой скоростью роста и корнеобразования, повышенными урожайностью и плодоношением, ускоренным прорастанием и более быстрым выходом из состояния покоя. Во всех трансгенных по гену *ugt* растениях определено более высокое содержание свободной и связанной ИУК. *In vitro* микрорастения картофеля (15 сортов) после трансформации геном *ugt* массово образовывали микроклубеньки, возникающие на стеблях, в пазухах листьев и побегов, в апексах и накапливающщие крахмал. В микроклубеньках также обнаруживали высокую экспрессию гена *ugt* с помощью норзерн гибридизации РНК с зондом гена *ugt*, модифицированного дигоксином DIG-11-dUTP. При разработке кандидатных вакцин против HIV, HBV и HPV введение гена *ugt* в экспрессионную генетическую конструкцию значительно усиливало выживаемость и повышало синтез целевых вирусных антигенных белков. Кандидатные вакцины на основе вирусной экспрессионной генетической конструкции, в составе которой был ген *ugt,* индуцировали в сыворотке крови мышей синтез нейтрализующих антител с более высокими авидностью, титром и селективностью. Абсцизовая (АБК), салициловая и жасминовая кислоты играют ключевую роль в адаптации растений к биотическим и абиотическим стрессам. Сигнальная молекула сероводорода (H_2S) путем персульфидирования ферментов класса UGT71 опосредует гомеостаз и модуляции уровня АБК, приводящие к устойчивости растений к абиотическим стрессам: засухе, засолению, высоким и низким температурам.

Работа была выполнена в рамках государственного задания 0277-2025-0002, рег. № НИОКТР – 125021902466-4.

СТЕБЛЕВОЙ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ АППАРАТ: ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВКЛАД В СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ

Т. В. Савченко

ИФПБ РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия

savchenko_t@rambler.ru

Ключевые слова: нелистовой фотосинтез, ПАМ-флуориметрия, стрессоустойчивость, хлоренхимные ткани

PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF STEM: FUNCTIONAL CHARCTERISTICS AND CONTRIBUTION TO PLANT STRESS TOLERANCE

T. V. Savchenko

IBBP RAS PSCBR RAS, Pushchino, Russian Federation

Keywords: non-foliar photosynthesis, PAM fluorimetry, stress tolerance, chlorenchyma tissues

У высших растений хлоренхимные ткани представлены во всех органах, в том числе в стеблях однолетних и в ветвях многолетних растений. Так же как и в листьях, в хлоропластах этих тканей происходят светоиндуцированные реакции фотосинтеза и осуществляются метаболические превращения углерода. Однако условия освещенности, в которых фотосинтетический аппарат стеблей осуществляет свои функции, заметно отличаются от таковых для листа, в этих объемных органах также значительно затруднен газообмен. До настоящего времени многие вопросы, связанные с фотосинтезом в стеблях, остаются не изученными. В своей работе мы исследуем особенности организации и функционирования фотосинтетического аппарата в стеблях растений, включая три многолетних (виноград *Vitis vinifera*, яблоня *Malus* × *domestica* Borkh., клен американский *Acer negundo* L.) и два однолетних (пшеница *Triticum aestivum*, эхиноцистис лопастный *Echinocystis lobata*) вида, среди них три важные сельскохозяйственные культуры и два инвазивных вида. Наши исследования позволили выявить существенные различия в функционировании фотосинтетического аппарата в стеблевой хлоренхиме, включая высокую его устойчивость к низким и высоким температурам. Анализ сезонных изменений фотосинтетической активности в хлоренхиме ветвей многолетних растений показал, что активность фотосистемы II в этих тканях детектируется во все сезоны года. Получены данные на пшенице и винограде, показывающие, что стеблевой фотосинтез играет важную роль в формировании продуктивности растений, особенно в условиях дефицита воды и высоких температур. Некоторые результаты и расчеты позволяют связать инвазивность клена американского с активностью нелистового фотосинтеза. Знания биологических функций и особенностей функционирования нелистового фотосинтетического аппарата позволяют сформировать основу для новой стратегии в селекции продуктивных и устойчивых сортов сельскохозяйственных растений и методов борьбы с инвазивными растениями.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант № 24-16-00142.

РАЗВИТИЕ СИМБИОТИЧЕСКИХ КЛУБЕНЬКОВ БОБОВЫХ РАСТЕНИЙ КАК УНИКАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НИШИ ДЛЯ РИЗОБИЙ

В. Е. Цыганов

ФГБНУ ВНИИСХМ, Санкт-Петербург, Россия

vetsyganov@arriam.ru

Ключевые слова: бобово-ризобиальный симбиоз, азотфиксирующий клубенек, стрессы, цитоскелет, симбиосома

DEVELOPMENT OF SYMBIOTIC NODULES OF LEGUMES AS A UNIQUE ECOLOGICAL NICHE FOR RHIZOBIA

V. E. Tsyganov

All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Saint Petersburg, Russian Federation

Keywords: legume-rhizobial symbiosis, nitrogen-fixing nodule, stresses, cytoskeleton, symbiosome

Процесс восстановления атмосферного азота, благодаря активности фермента нитрогеназы, возник на Земле более 3 млрд л. н. в еще бескислородную эру. Это объясняет, почему нитрогеназа крайне чувствительна к кислороду и необратимо инактивируется им. Поэтому при возникновении бобово-ризобиального симбиоза около 65 миллионов лет назад в ходе эволюции возникла необходимость в появлении уникальной экологической ниши – симбиотического клубенька, в котором обеспечиваются благоприятные условия для функционирования нитрогеназы. Такие условия возникают как из-за анатомических особенностей строения клубенька, которые создают физический кислородный барьер, а также активности леггемоглобина – специализированного белка, контролирующего концентрацию кислорода в клубеньке. Помимо микроаэрофильных условий в клубеньке, необходимых для поддержания активности нитрогеназы, ризобии получают от бобового растения и источник углерода в виде малата.

В основе формирования клубеньков лежит сигнальный диалог между ризобиями и бобовым растением. Первые этапы такого диалога связаны с флавоноидами, выделяемыми растением, и Nod-факторами – липохитоолигосахаридными сигнальными молекулами, продуцируемыми ризобиями. В результате запускается сигнальный каскад, приводящий к органогенезу клубенька и его инфекции ризобиями.

В основе органогенеза клубенька лежит активная дифференцировка клеток, которая обеспечивается, в том числе перестройками тубулинового и актинового цитоскелета. В клетках клубеньков ризобии дифференцируются в специализированную для азотфиксации форму – бактероиды, в клубеньках некоторых бобовых растений бактероиды претерпевают необратимую дифференцировку и теряют способность к размножению.

Таким образом, даже в нормальных условиях ризобии, находясь в симбиотическом состоянии в клубеньке, испытывают стресс по сравнению с их сапрофитным состоянием в почве. При воздействии же различных абиотических стрессоров ризобии вынуждены реагировать на них, активируя имеющиеся у них системы защиты.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 24-16-00156.

СЕКЦИЯ 1

МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ



МЕХАНИЗМЫ УСТОЙЧИВОСТИ К ДЕЙСТВИЮ АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССОВ КОНТРАСТНЫХ ПО ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К ОБЕЗВОЖИВАНИЮ ГЕНОТИПОВ ПШЕНИЦЫ

А. М. Авальбаев*, А. А. Плотников, О. В. Ласточкина

ИБГ УФИЦ РАН, Уфа, Россия

**avalbaev@yahoo.com*

Ключевые слова: пшеница, абиотический стресс, комбинация стрессов, засуха

MECHANISMS OF TOLERANCE TO ABIOTIC STRESSES OF WHEAT GENOTYPES CONTRASTING IN RESISTANCE TO DEHYDRATION

A. M. Avalbaev*, A. A. Plotnikov, O. V. Lastochkina

IBG UFRC RAS, Ufa, Russian Federation

Keywords: wheat, abiotic stress, combination of stresses, drought

Глобальное изменение климата приводит к росту интенсивности абиотических стрессов, что существенно снижает продуктивность основных сельскохозяйственных культур, включая пшеницу. К наиболее широко распространенным абиотическим повреждающим факторам среды, приводящим к существенному торможению метаболизма растений, относится засуха. Вместе с тем, в естественных условиях растения редко подвергаются воздействию одиночных стрессов. Стрессовые факторы действуют комплексно, вызывая повреждения, значительно превосходящие эффект воздействия каждого из них по отдельности. Так, воздействие засухи часто комбинирует с сильным повышением температуры и засолением почвы, что сопровождается нарушением физиологических процессов и повреждением различных клеточных структур. В настоящей работе впервые проведен анализ 10-суточного воздействия засухи и комбинации засухи в сочетании с засолением и гипертермией на физиолого-биохимические параметры у контрастных по устойчивости к обезвоживанию 44-суточных растений пшеницы сортов Экада 109 (Э-109, устойчивый сорт) и Зауральская Жемчужина (ЗЖ, чувствительный сорт). Выявлено, что тройной стресс оказывает сильный повреждающий эффект на растения, существенно снижая ростовые показатели, плотность устьиц, площадь листьев, содержание фотосинтетических пигментов. Обнаружена более высокая устойчивость растений сорта Э-109 ко всем исследованным стрессам по сравнению с растениями ЗЖ, у которых даже действие одиночной засухи приводило к драматическим изменениям. Так, у растений ЗЖ был выявлен более существенный дисбаланс гормональной и про-/антиоксидантной систем в сравнении с растениями Э-109 в условиях дефицита влаги. Засуха приводила к уменьшению показателей продуктивности обоих сортов пшеницы, при этом растения ЗЖ характеризовались более существенным их уменьшением. Таким образом, растения Экада 109 более устойчивы к действию исследованных стрессов, что может быть обусловлено меньшими стресс-индуцированными сдвигами в балансе эндогенных фитогормонов и про-/антиоксидантов, что отражается в формировании более высоких продукционных параметров.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 25-16-00188, https://rscf.ru/project/25-16-00188/.

СТРУКТУРНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОМ АППАРАТЕ ЯЧМЕНЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НАНОЧАСТИЦ CdO

К. В. Азарин*, Н. Г. Дуплий, А. В. Усатов

ЮФУ, Ростов-на-Дону, Россия

**azkir@rambler.ru*

Ключевые слова: наночастицы, терминальная оксидаза, фотосистема, хлоропласты

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL CHANGES IN THE PHOTOSYNTHETIC APPARATUS OF BARLEY UNDER THE INFLUENCE OF CdO NANOPARTICLES

K. V. Azarin*, N. G. Dupliy, A. V. Usatov

SFedU, Rostov-on-Don, Russian Federation

Keywords: noparticles, terminal oxidase, photosystem, chloroplasts

Уникальные физико-химические свойства, способствующие высокой реакционной способности, делают наночастицы тяжелых металлов потенциально новыми абиотическими стресс-факторами. Кадмий является одним из наиболее токсичных металлов. Влияние ионов кадмия на фотосинтез хорошо задокументировано. Однако комплексные исследования воздействия наночастиц металла на фотосинтетическую систему растений все еще отсутствуют. Таким образом, целью работы было исследовать влияние нано-CdO на фотосинтетический аппарат проростков ячменя (*Hordeum vulgare*).

Эксперимент проводили в условиях гидропоники. Предварительно синтезированные наночастицы вносили после прорастания семян (36 ч, 25 ºС) в концентрации 0, 0,1 и 1 г/л. По истечении 7 сут измерили содержание пигментов, активность фотосистемы II, а также провели анализ ультраструктуры хлоропластов и уровня транскриптов генов, ассоциированных с фотосинтезом.

Внесение нано-CdO снижало содержание хлорофиллов и каротиноидов, но повышало уровень 5-аминолевулиновой кислоты. Исследование ультраструктуры хлоропластов выявило уменьшение их размеров и нарушение упорядоченной тилакоидной организации. Анализ экспрессии ключевых генов фотосинтетической электрон-транспортной цепи выявил ее подъем при воздействии низких и спад под влиянием высоких концентраций нано-CdO. Тем не менее, фотохимическая активность в проростках имела тенденцию к дозозависимому снижению. Более того, как высокие, так и низкие дозы исследуемых соединений приводят к подавлению экспрессии генов АТФ-синтазы и основных ферментов цикла Кальвина – Бенсона. Одновременно можно наблюдать усиление активности генов пентозофосфатного цикла и терминальной оксидазы, что свидетельствует об активизации защитных механизмов при снижении эффективности фотосинтеза. В целом в результате исследования выявлены как комплексный характер воздействия нано-CdO, так и сложность регуляторных механизмов, задействованных в ответе растений на стрессовые условия.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания в области научной деятельности (№ FENW-2026-0019).

УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ ПРЕДПОСЕВНАЯ ОБРАБОТКА СЕМЯН ХЛОПЧАТНИКА: ВЛИЯНИЕ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СТРЕСС-ОТВЕТ

Ш. Э. Алакбарова

АГАУ, Гянджа, Азербайджан

shahla.alakbarova@adau.edu.az

Ключевые слова: облучение, рост, развитие, стресс, *Gossypium hirsutum* L.

PRE-SOWING ULTRAVIOLET TREATMENT OF COTTON SEEDS: IMPACT ON GROWTH PERFORMANCE AND STRESS RESPONSE

Sh. E. Alakbarova

ADAU, Ganja, Azerbaijan

Keywords: irradiation, growth, development, stress, *Gossypium hirsutum* L.

К числу наиболее важных и актуальных абиотических стрессовых факторов относится радиационный стресс, влияющий на продуктивность растений. В качестве альтернативы он может взаимодействовать с другими атомами или молекулами в клетке, в частности с водой, образуя свободные радикалы, которые могут повреждать различные важные соединения растительных клеток. УФ-облучение обычно дает дозозависимый эффект: при малых дозах может быть легкая «стимуляция», а при средних–высоких дозах чаще наблюдается угнетение из-за повреждения ДНК, а также изменения в мембранах и ферментах. Сильнее всего действует УФ-С, затем УФ-В, УФ-А обычно мягче, но итог зависит от интенсивности (мВт/смI), времени, расстояния до лампы, температуры, и даже от влажности семян. Основной целью исследования является оценивание дозозависимого влияния УФ-облучения на посевные качества семян хлопчатника местного сорта Гянджа-182 на ранних стадиях развития семян. Для достижения цели в лабораторных условиях провели предпосевную обработку калибрированных семеня хлопчатника УФ при разных экспозициях на фиксированном расстоянии 15 см при температуре 25±2 ºС по следующей схеме: контрольный вариант, набухшие семена + УФ-А (330 нм) 3 мин и набухшие семена + УФ-А (330 нм) 5 мин. Биологическая повторность составляла 3 раза. На 3-и сутки после экспозиции всхожесть в контрольном варианте составляла – 75 %, в первом варианте – 80 %, а во втором – лишь 60 %. Через неделю измеряли длину корня и побега. Если в контрольном варианте средняя длина корня и побега составляла 5 и 5 см, в первом варианте исследования 7 и 7 см, в третьем – 6 и 7 см соответственно. На основе полученных результатов, можно сделать вывод о том, что предпосевная обработка калибрированных семян хлопчатника УФ на фиксированном расстоянии 15 см при температуре 25±2 ºС в течение 3 мин не замедляла рост и развитие, а, наоборот, активировала стимуляцию стресс-ответа у растения.

Основная публикация автора по тематике доклада:

Alakbarova Sh. E. Effect of various salts on antioxidant protection and carbon metabolism of cotton // Advances in Biology & Earth Sciences. Jomard publishing. 2024. Vol. 9, N 3. P. 368–373. DOI: 10.62476/abes93368

ВЛИЯНИЕ ЛЕКТИНОВ АЗОСПИРИЛЛ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ

С. А. Аленькина, М. А. Купряшина

ИБФРМ РАН, Саратов, Россия

s.alenkina@yandex.ru

Ключевые слова: лектины азоспирилл, солевой стресс, морфометрические параметры, перекисное окисление липидов, фотосинтетические пигменты

EFFECT OF AZOSPRILLA LECTINS ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF WHEAT PLANTS RESISTANCE

S. A. Alen'kina, M. A. Kupryashina

IBPPM RAS, Saratov, Russian Federation

Keywords: *Azospirillum* lectins, salt stress, morphometric parameters, lipid peroxidation, photosynthetic pigments

Азоспириллы – это бактерии, стимулирующие рост растений. Их благотворное воздействие на растения может осуществляться различными механизмами. Азоспириллы могут способствовать смягчению многих видов абиотического стресса. Лектины азоспирилл – это гликопротеины с различной молекулярной массой и специфичностью к углеводам. Лектины представляют собой полифункциональные молекулы.

В данном исследовании изучался потенциал лектинов двух штаммов азоспирилл, *Azospirillum brasilense* Sp7 (эпифит) и *Azospirillum baldaniorum* Sp245 (эндофит), для смягчения фитостресса у пшеницы, вызванного имитацией засоления.

Определяли всхожесть и энергию прорастания зерновок. Для измерения параметров роста корней сеянцев использовались морфометрические параметры: количество и длина корней, а также их сырой вес. Перекисное окисление липидов в растительной ткани определяли путем измерения количества малонового диальдегида с использованием тиобарбитуровой кислоты. Спектрофотометрическое определение пигментов проводили стандартными методами, количество хлорофилла *a* (663 нм), хлорофилла *b* (645 нм) и общего количества каротиноидов (470 нм) определяли с помощью спектрофотометра UV-1800 (Shimadzu, Япония).

Предварительная инкубация семян в растворах лектинов значительно улучшала энергию прорастания и всхожесть, а также стимулировала рост корней у сеянцев (количество и размер корней). Наряду с улучшением роста и морфометрических параметров, лектины также смягчали окислительный стресс. Уровень малонового диальдегида у растений, обработанных лектинами, был выше, чем у растений, подвергнутых только стрессу. Использование лектинов снижало потерю хлорофиллов *a* и *b*, а также каротиноидов в листьях проростков, подверженных этому типу стресса. Лектин эндофитного штамма продемонстрировал более высокую эффективность, проявляющуюся в более высоком уровне эффекта и более низких концентрациях, по сравнению с лектином эпифитного штамма. Результаты указывают на положительное влияние этих гликопротеинов на устойчивость растений.

Исследование выполнено по теме гос. задания (№ гос. регистрации 124020100145-2).

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ TAL-ЭФФЕКТОРОВ В ПАТОГЕННОСТИ *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *CAMPESTRIS*

Ю. А. Антакова [1,2], А. М. Барковская [1]*, К. К. Серёгина [1], А. Д. Антипов [1], О. Л. Ражина [1], М. В. Лебедева [1], В. В. Таранов [1]

[1] ФГБНУ ВНИИСБ, Москва, Россия
[2] РТУ МИРЭА, Москва, Россия

**batyrevananas@gmail.com*

Ключевые слова: капустные, сосудистый бактериоз, TAL-эффектор, *Xanthomonas*

ROLE OF TAL-EFFECTORS IN THE *XANTHOMONAS CAMPESTRIS* PV. *CAMPESTRIS* PATHOGENICITY

Y. A. Antakova [1,2], A. M. Barkovskaya [1]*, K. K. Seregina [1], A. D. Antipov [1], O. L. Razhina [1], M. V. Lebedeva [1], V. V. Taranov[1]

[1] ARRIAB, Moscow, Russian Federation
[2] RTU MIREA, Moscow, Russian Federation

Keywords: *Brassica oleracea*, vascular bacteriosis, TAL-effector, *Xanthomonas*

Бактерии рода *Xanthomonas* – фитопатогенные бактерии, приводящие к значительным потерям урожая ряда сельскохозяйственных культур. *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* (Xcc) вызывает сосудистый бактериоз капусты. Эффекторы, подобные активаторам транскрипции (TALE), бактерий *Xanthomonas* секретируются внутрь клеток хозяев и действуют как специфичные факторы транскрипции растений, связываясь с промоторной областью генов хозяина. В данной работе мы характеризуем роль TALE в развитии сосудистого бактериоза капустных.

С помощью инструментов TALE Prediction, TALE Analysis и PrediTALE набора приложений AnnoTALE были проведены идентификация и анализ TALE в геномах Xcc, а также прогнозирование предполагаемых генов-мишеней в геномах растений семейства капустные. Было проанализировано 689 геномов Xcc. Из 142 штаммов, секвенированных методами с длинными прочтениями, необходимых для сборки последовательностей TALE, содержащих большое количество повторов, 50 (35 %) содержали TALE.

Провели поиск генов-мишеней изолята XY1-1, содержащего 2 TAL-эффектора, в геноме линии TO1000 *B. oleracea* var. *Oleracea*. Эффектор TalEN6 имел 9 мишеней, расположенных близко от старт-кодона. Заражение четырех генотипов капусты (TO1000, Dh, Парус, Подарок) изолятом XY1-1 индуцировало экспрессию генов WEB, dolichyl-diphosphooligosaccharide–protein glycosyltransferase, ERF121 в десятки раз по сравнению с контролем.

Была проведена инактивация TAL-эффектора TalEN6 с помощью гомологичной рекомбинации. Листья капусты линии Dh инфильтрировали изолятом XY1-1, содержащим эффектор TalEN6, и изолятом с инактивацией. Из листьев инокулированных растений выделяли тотальную мРНК и проводили транскриптомный анализ для исследования изменения экспрессии генов растения при заражении.

Исследование выполнено при поддержке Министерства Науки и Высшего Образования России, проект № 075-15-2023-582.

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ОТВЕТ *MARCHANTIA POLYMORPHA* L. НА CO_2-СТРЕСС В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

А. Ю. Белышенко*, М. К. Колупаева, Д. Н. Гуришева, М. М. Моргунова, Н. А. Имидоева, Д. В. Аксёнов-Грибанов

ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия

**al.belyshenko@gmail.com*

Ключевые слова: ГХ–МС, метаболиты, культивирование, стресс

METABOLIC RESPONSE OF *MARCHANTIA POLYMORPHA* L. TO CO_2-STRESS IN *IN VITRO* CULTURE

A. Yu. Belyshenko*, M. K. Kolupaeva, D. N. Gurisheva, M. M. Morgunova, N. A. Imidoeva, D. V. Axenov-Gribanov

ISU, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: GC–MS, metabolites, cultivation, stress

Изменение газообмена – ключевой абиотический фактор, влияющий на метаболизм растений. Печеночники, в отличие от цветковых растений, не имеют устьиц: их газообмен осуществляется через постоянно открытые воздушные поры. Эти растения высокочувствительны к изменению газового состава, однако их метаболический ответ на избыток CO_2 изучен недостаточно. Цель работы – выявить изменения метаболического профиля *M. polymorpha* при CO_2-стрессе *in vitro*.

Растения контрольной группы выращивали при 0,04 % CO_2, опытной – при 2 % CO_2. Освещение (красно-синие LED, PPFD 50 мкмоль·м$^{-2}$·с$^{-1}$, 16/8 ч), влажность (50–70 %) и температура (22–24 ºС) были одинаковы. Образцы отбирали каждые 7 дней в течение трех недель, экстрагировали 70%-ным метанолом, силилировали, анализировали на ГХ-МС, идентифицировали по NIST20. Статистику проводили в MetaboAnalyst 6.0.

Воздействие 2 % CO_2 вызвало накопление пальмитиновой и стеариновой кислот, появление длинноцепочечных жирных кислот (додекановой, арахидоновой, цис-13-эйкозеновой) – активация синтеза липидов. В ЦТК снижались сукцинат и фумарат (в 2–3 раза) при накоплении цитрата и появлении оксалата – признак нарушения цикла. Снижение глицина подтверждает подавление фотодыхания. Полиолы (ксилит, мио-инозитол, адонитол) резко возрастали (осмопротекторный ответ). Появление свободных гомосерина, валина и кинуреновой кислоты только в условиях стресса указывает на активацию стрессовых аминокислотных путей. Ключевое событие – появление шикимовой кислоты и гликозидов (асперулозид, росиридин), что доказывает запуск фенилпропаноидного пути для синтеза антиоксидантов.

Таким образом, *M. polymorpha* отвечает на CO_2-стресс комплексной перестройкой метаболизма: активацией синтеза жирных кислот, накоплением осмопротекторов, подавлением фотодыхания, нарушением ЦТК и запуском шикиматного пути. Полученные данные расширяют понимание адаптивных механизмов печеночников к повышенному CO_2.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России, проект FZZE-2024-0003.

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ НА ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МИТОХОНДРИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМ ЗАКАЛИВАНИИ

Е. В. Бережная*, И. В. Любушкина, Е. А. Полякова, К. А. Кириченко, О. И. Грабельных, Н. В. Дорофеев

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**ekaterina809@mail.ru*

Ключевые слова: азоксистробин, закаливание, низкие температуры, тебуконазол, фунгициды

THE EFFECT OF FUNGICIDES ON THE FUNCTIONING OF WHEAT MITOCHONDRIA DURING LONG-TERM LOW-TEMPERATURE HARDENING

E. V. Berezhnaya*, I. V. Lyubushkina, E. A. Polyakova, K. A. Kirichenko, O. I. Grabelnych, N. V. Dorofeev

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: azoxystrobin, hardening, low temperatures, tebuconazole, fungicides

Длительное действие низких положительных температур необходимо для активации механизмов, обеспечивающих морозоустойчивость озимых культур и их дальнейшего развития. Важную роль в реализации механизмов адаптации растений к действию низких температур играют митохондрии, благодаря активации альтернативных дыхательных ферментов (например, альтернативной цианид-резистентной оксидазы, АО). Фунгициды стробилурины и триазолы оказывают положительное действие на растения в условиях стресса, однако их действие в условиях низких температур изучено слабо.

Целью данной работы являлось изучение функционирования митохондрий у этиолированных растений озимой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Иркутская, выращенных из семян, подвергнутых обработке азоксистробином (1,1 мг/50 г семян), тебуконазолом (1,5 мг/50 г семян) или совместной обработке этими фунгицидами. Растения, выращивали в течение 2 мес. при температуре 2 ºС, контрольные растения выращивали в течение 6 сут при 24 ºС.

В контрольных условиях скорость дыхания (СД) митохондрий, выделенных из побегов, при действии азоксистробина и совместной обработке фунгицидами снижалась за счет снижения активности цитохромного пути. Низкотемпературное закаливание вызывало снижение СД по сравнению с контролем, при этом разницы между вариантами обработок не было выявлено. Изменений активностей цитохромного и альтернативного путей дыхания также не было выявлено. В целом СД у митохондрий, выделенных из корней, изменялась аналогично митохондриям из побегов. Обработка проростков азоксистробином и совместное действие фунгицидов приводили к снижению содержания белка АО в побегах при закаливании. В корнях воздействие фунгицидами вызывало изменение содержания изоформ АО, однако общее содержание белка не изменялось.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (рег. № НИОКТР – 125021902487-9).

МЕТАБОЛИЗМ НАФТАЛИНОВЫХ СТРУКТУР В ТКАНЯХ РАСТЕНИЙ ГОРОХА (*PISUM SATIVUM* L.)

П. А. Бизиков*, Н. И. Рекославская, Л. Е. Макарова

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**bizikov.piotr@mail.ru*

Ключевые слова: *Pisum sativum* L., N-фенил-2-нафтиламин, фталаты, 1-гидрокси-2-нафтоатдиоксигеназа

THE METABOLISM OF NAPHTHALENE STRUCTURES BY THE ROOTS PEA SEEDLINGS (*PISUM SATIVUM* L.)

P. A. Bizikov*, N. I. Rekoslavskaya, L. E. Makarova

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: *Pisum sativum* L., N-phenyl-2-naphthyalamine, phthalates, 1-hydroxy-2-naphthoate dioxygenase

В составе ароматических соединений в тканях и корневых экссудатах растений гороха (*Pisum sativum* L.) ранее установлено присутствие N-фенил-2-нафтиламина (N-ФНА) и фталатов (ФТ). В литературе данные о путях биосинтеза этих соединений отсутствуют. Нами показано, что N-ФНА может быть исходным соединением в образовании ФТ эндофитами растений гороха. Однако обнаружение N-ФНА и ФТ в полученных в асептических условиях каллусах из эпикотилей гороха, показывает на автономный синтез обсуждаемых соединений, осуществляемый растительными клетками. Содержание N-ФНА и ФТ возрастало под влиянием экзогенного нафталина в тканях проростков гороха и в клетках каллусов, показывая, что, во-первых, нафталин может быть предшественником данных соединений. Во-вторых, нафталин может подвергаться деградации по фталатному пути, хорошо изученному у бактерий. Для подтверждения этой гипотезы проведена работа, цель которой заключалась в выявлении у растений гороха фермента, участвующего в деградации нафталиновых структур по фталатному пути, ключевым ферментом которого у бактерий является 1-гидрокси-2-нафтоатдиоксигеназа (ГНДГ), ЕС 1.13.11.38. В процессе поиска ГНДГ у растений гороха разработана схема его выделения. Активность ГНДГ у бактерий выявлена во фракции 40–50 % насыщения $(NH_4)_2SO_4$, в корнях гороха – во фракции 50–60 % насыщения $(NH_4)_2SO_4$. На электрофореграммах указанных фракций обнаружены полосы белков, соответствующие мономерной и олигомерной формам исследуемого белка. Продукты метаболизма 1-гидрокси-2-нафтойной кислоты экстрагировали из реакционных сред и анализировали методом ГХ-МС. Полученные данные показывают на существование у растений ферментов фталатного пути деградации нафталиновых структур, что позволяет по-новому оценить стратегию бобовых культур в отношении ПАУ.

Работа выполнена в рамках Проекта рег. № НИОКТР – 125021902466-4.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ АКТИВНОСТИ СУПЕРОКСИДИСМУТАЗЫ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА В ПРОРОСТКАХ СОИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЭКСТРАКТОМ *INONOTUS OBLIQUUS*

А. А. Блинова [1]*, В. А. Кузнецова [2]

[1] ФГБОУ ВО «БГПУ», Благовещенск, Россия
[2] ВИР, Дальневосточная опытная станция – филиал ВИР, Владивосток, Россия

**emila961212@yandex.ru*

Ключевые слова: гипертермия, гипотермия, малоновый диальдегид, супероксидисмутаза, температурный стресс, *Inonotus obliquus, Glycine max*

EVALUATION OF CHANGES IN SUPEROXIDE DISMUTASE ACTIVITY AS AN INDICATOR OF TEMPERATURE STRESS IN SOYBEAN SEEDLINGS TREATED WITH *INONOTUS OBLIQUUS* EXTRACT

A. A. Blinova [1]*, V. A. Kuznetsova [2]

[1] BSPU, Blagoveshchensk, Russian Federation

[2] VIR, Far East Experiment Station – branch of VIR, Vladivostok, Russian Federation

Keywords: hypothermia, hyperthermia, malondialdehyde, superoxide dismutase, temperature stress, *Inonotus obliquus, Glycine max*

Воздействие гипотермии +4 ºС и гипертермии +45 ºС) индуцирует развитие окислительного стресса в растительных клетках, ключевым маркером которого является накопление малонового диальдегида (МДА). Поиск природных антиоксидантов для повышения устойчивости сои является актуальной задачей. Способность чаги защищать растения от повреждений связана с ее химическим составом и высокой антиоксидантной активностью.

Семена сорта сои Чародейка селекции ВНИИ сои проращивали в чашках Петри в течение 5 ч при температуре +4 ºС и +45 ºС, затем проращивали 5 сут при температуре +25 ºС. В образцах исследуемых проростков сои определяли количество белка, активность супероксиддисмутазы и содержание МДА. Полученные данные показали, что активность супероксидисмутазы является информативным показателем температурного стресса у проростков сои. Экстракт чаги снижает уровень окислительного стресса (по снижению МДА) и модулирует активность СОД, повышая устойчивость проростков к действию экстремальных температур (+4 ºС и +45 ºС).

Исследование выполнено за счет средств гранта ФГБОУ ВО Благовещенский государственный педагогический университет.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Кузнецова В. А., Блинова А. А., Иваченко Л. Е. Влияние гипо- и гипертермии на удельную активность ферментов класса оксидоредуктаз семян сои и множественность их форм // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 8. С. 39–44. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10806

МЕХАНИЗМЫ ФИТОГОРМОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К УСЛОВИЯМ СТРЕССА

К. О. Богданова [1,2,3]*, Г. Т. Доланбаева [1,2,3], В. Н. Николаева [1,3], С. К. Кабдрахманова [2,3]

[1] НАО «ВКУ им. С. Аманжолова», Усть-Каменогорск, Казахстан
[2] НАО «КазНИТУ имени К. И. Сатпаева», Алматы, Казахстан
[3] Международного R&D центр при КазНИТУ имени К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

**noda-98@mail.ru*

Ключевые слова: фитогормоны, фузикокцин, стрессоустойчивость

MECHANISMS OF PHYTOHORMONAL ADAPTATION OF PLANTS TO STRESS CONDITIONS

X. O. Bogdanova [1,2,3]*, G. T. Dolanbayeva [1,2,3], V. N. Nikolaeva [1,3], S. K. Kabdrakhmanova [2,3]

[1] S. Amanzholov EKU, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan
[2] K. I. Satpaev KazNRTU, Almaty, Kazakhstan
[3] International R&D Center at K. I. Satpaev KazNRTU, Almaty, Kazakhstan

Keywords: phytohormones, fusicoccin, stress tolerance

Растения в течение онтогенеза подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных факторов среды, включая засуху, засоление, экстремальные температуры и нарушения светового режима, что сопровождается развитием окислительного стресса и снижением физиологической устойчивости. В связи с этим изучение механизмов фитогормональной адаптации представляет значительный интерес для физиологии растений. Особую роль в координации адаптивного ответа играет гормональная система, регулирующая ростовые процессы, осморегуляцию, антиоксидантную защиту и поддержание жизнеспособности растения в стрессовых условиях. Среди природных регуляторов роста особый интерес представляет фузикокцин (FC) – природный дитерпеновый глюкозид, обладающий высокой физиологической активностью в ультранизких концентрациях. В работе использовали семена и проростки пшеницы, подвергавшиеся стрессовому воздействию в присутствии FC. Оценивалась энергия прорастания, всхожесть, выживаемость, длины корня и побега. Установлено, что стресс угнетал прорастание и рост, тогда как FC ослаблял действие стрессора, улучшал ростовые показатели и повышал жизнеспособность проростков. Полученные результаты подтверждают его участие в регуляции адаптационных реакций растений.

Исследование выполненно при поддержке финансирования Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR24993105).

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Богданова К. О., Доланбаева Г. Т., Кабдрахманова С. К., Николаева В. Н. Влияние фузикокцина на прорастание семян сои: ANOVA и анализ вариабельности (±SD) // Перспективы внедрения инновационных технологий в АПК : сб. ст. IV Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. с междунар. участием. Барнаул, 2025. С. 102–105.

ЭФФЕКТ H_2O_2-ПРАЙМИНГА НА ВСХОЖЕСТЬ И ЭНЕРГИЮ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН РЖИ

К. С. Веракса*, О. Г. Яковец

БГУ, Минск, Беларусь

**k.veraksa@gmail.com*

Ключевые слова: всхожесть, H_2O_2, прайминг, рожь, энергия прорастания

EFFECT OF H_2O_2-PRIMING ON GERMINATION AND GERMINATION ENERGY OF RYE SEEDS

K. S. Veraksa*, O. G. Yakovets

BSU, Minsk, Belarus

Keywords: germination, H_2O_2, priming, rye, germination energy

Абиотические и биотические стрессоры не только ограничивают потенциал сельскохозяйственного производства, но и оказывают существенное влияние на глобальную продовольственную безопасность. Научное сообщество прилагает значительные усилия для разработки устойчивых способов преодоления стрессов у растений, среди которых можно выделить гидро-, осмо-, гало-, нанопрайминг. Эти подходы доказали свою эффективность. Применение H_2O_2 рассматривается как перспективный способ активации прорастания семян, стимуляции роста и повышения устойчивости растений. Однако концентрация используемых для прайминга растворов, минимальная эффективная концентрация, время экспозиции могут отличаться для разных культур, высокие концентрации могут быть токсичными. Изучение данных аспектов является актуальным и может привести к повышению устойчивости и продуктивности сельскохозяйственных культур. Исследование эффективности H_2O_2-прайминга проводилось на семенах озимой ржи сорта Офелия. Использовался метод проращивания семян в чашках Петри (по 50 шт.). Семена предварительно замачивались в течение суток в растворах H_2O_2 следующих концентраций: 1, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150 и 200 мкМ. В качестве контроля использовалась $H_2O_{дист}$. После последующей раскладки семян на двойной слой фильтровальной бумаги чашки Петри помещались в термостат при температуре 24,8–25,0 ºС. Энергия прорастания семян (***ЭП***) определялась на 3-и сут, оценка всхожести семян (***В***) – на 7-е сут после закладки семян. В ходе экспериментов выявлено, что ***ЭП*** увеличивалась после прайминга 20 и 40 мкМ растворами H_2O_2 в 1,2 и 1,3 раза соответственно. Остальные протестированные концентрации оказались неэффективны. К 7-м сут положительный эффект предварительного H_2O_2-прайминга стал более выражен. Обработка H_2O_2 практически во всех протестированных концентрациях увеличивала процент ***В*** по сравнению с контролем. При этом следует отметить эффект 40 и 150 мкМ растворов H_2O_2: ***В*** после праймирования в данных растворах возрастала в 1,7 и 1,5 раза, соответственно. В этих же концентрациях предобработка H_2O_2 оказывала стимулирующее действие на развитие корневой системы: выявлено достоверное увеличение массы корней в 1,9 и 1,5 раза, соответственно. Анализ полученных данных позволяет заключить, что H_2O_2 может использоваться для прайминга семян ржи. Наиболее эффективными являются 40 и 150 мкМ растворы H_2O_2.

АДАПТАЦИЯ ЭПИКОТИЛЕЙ ПРОРОСТКОВ ГОРОХА К ТЕПЛОВОМУ ШОКУ ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ МЕМБРАН ИХ МИТОХОНДРИЙ

Н. Ю. Герасимов [1]*, О. В. Неврова [1], И. В. Жигачева [1], И. П. Генерозова [2], А. Н. Голощапов [1]

[1] ИБХФ РАН, Москва, Россия
[2] ИФР РАН, Москва, Россия

n.yu.gerasimov@gmail.com

Ключевые слова: структура мембран, микровязкость, тепловой шок, митохондрии

ADAPTATION OF EPICOTYLS OF PEA SEEDLINGS TO HEAT SHOCK BY CHANGING THE STRUCTURE OF THEIR MITOCHONDRIA MEMBRANES

N. Yu. Gerasimov [1]*, O. V. Nevrova [1], I. V. Zhigacheva [1], I. P. Generozova [2], A. N. Goloshchapov [1]

[1] IBCP RAS, Moscow, Russian Federation
[2] IPP RAS, Moscow, Russian Federation

Keywords: membrane structure, microviscosity, heat shock, mitochondria

Растения в природе подвергаются воздействиям многих биотических и абиотических факторов. Тепловой шок является одним из наиболее распространенных абиотических стрессовых факторов. Температурный фактор может приводить к морфофункциональным изменениям в развитии растений, при этом изменяется структура мембранных белков, что часто приводит к изменению структуры липидного бислоя. В результате могут изменяться структурные характеристики мембран, одной из которых является микровязкость.

В работе было изучено изменение структуры мембран митохондрий, выделенных из листьев проростков гороха *Pisum sativum* L., после воздействия теплового шока по сравнению с нативными растениями (контроль).

Работу проводили на митохондриях пятидневных этиолированных проростков гороха *Pisum sativum* L., сорт Флора 2. Микровязкость липидного бислоя мембран определяли методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) спиновых зондов.

Тепловой стресс приводил к уменьшению кристалличности мембран митохондрий исследуемого растения. Показано, что сверхмалые дозы ресвератрола возвращают структуру липидного бислоя митохондрий после воздействия теплового стресс-фактора до состояния, свойственного для нативных растений.

Исследование выполнено при поддержке в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 1201253310).

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Герасимов Н. Ю., Неврова О. В., Жигачева И. В., Генерозова И. П., Голощапов А. Н. Эффект сверхмалых доз антиоксиданта ресвератрола при воздействии теплового стресс-фактора на структуру мембран митохондрий, выделенных из проростков гороха Pisum sativum L. // Химическая физика. 2019. Т. 42, № 1. С. 22–27. DOI: 10.31857/S0207401X23010041

ЭКОЛОГИЧНЫЕ ИНДУКТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ЗАЩИТЕ САЛАТА ОТ *PSEUDOMONAS CICHORII*

О. Е. Глушенкова [1]*, Д. Д. Поляков [2], А. Н. Игнатов [1]

[1] РУДН им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия
[2] ФГБНУ ВНИИФ, Московская область, Россия
**glushenkovaolga@mail.ru*

Ключевые слова: салат, *Pseudomonas cichorii*, индукторы устойчивости, хлорофилл, гидропоника

ECO-FRIENDLY RESISTANCE INDUCERS FOR CONTROL OF *PSEUDOMONAS CICHORII* IN LETTUCE

O. E. Glushenkova [1]*, D. D. Polyakov [2], A. N. Ignatov [1]

[1] RUDN University named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation
[2] All-Russian Research Institute of Phytopathology, Moscow Region, Russian Federation

Keywords: lettuce, *Pseudomonas cichorii*, resistance inducers, chlorophyll, hydroponics

Одним из способов снижения потерь, вызываемых болезнями салата (*Lactuca sativa* L.) и других сельскохозяйственных культур, является применение индукторов устойчивости. Они способствуют формированию комплекса физиологических реакций растения, снижающих урон от стрессовых факторов внешней среды. В работе проведена оценка влияния салициловой кислоты, хитозана и диоксида кремния на морфометрические показатели, содержание фотосинтетических пигментов и развитие симптомов инфекционного заболевания, вызванного *Pseudomonas cichorii*. Растения салата сорта «Лалик» (Райк Цваан, Нидерланды) выращивали в нециркулирующей глубоководной гидропонной системе (DWC) в индивидуальных контейнерах объемом 3,5 л при EC 1,4–1,6, фотопериоде 16/8 ч, с освещенностью 3000 Лк, температуре воздуха 22–24 ºС/16–18 ºС (день/ночь) и температуре питательного раствора 20 ºС. В возрасте 34 сут с момента всходов, растения обрабатывали индукторами устойчивости опрыскиванием, инфицирование проводили инъекцией в черешок листа суспензии бактерий с 10^5 КОЕ/мл. Влияние индукторов на развитие болезни и на биометрические показатели оценивали, сравнивая зараженные и незараженные варианты. Симптомы бактериоза учитывали ежедневно после инокуляции; через 10 сут после заражения определяли массу надземной части, длину листьев и содержание фотосинтетических пигментов методом спектрофотометрии. Наиболее выраженное замедление развития симптомов бактериоза и лучшие биометрические показатели зараженных растений наблюдались при применении диоксида кремния в дозировке 2 мг/раст: масса надземной части и длина наиболее развитого листа превышали зараженный контроль на 77,5 и 25,8 % соответственно. В вариантах с хитозаном (3,1 мг/раст) и салициловой кислотой (0,7 мг/раст) после заражения содержание общего хлорофилла превышало зараженный контроль на 42,9 и 37,1 %, а каротиноидов – на 31,6 и 35,5 % соответственно. Различия были статистически значимы при $p < 0,05$. В результате установлено, что диоксид кремния эффективнее ограничивал развитие симптомов бактериоза и снижал ростовые потери, тогда как хитозан и салициловая кислота увеличивали устойчивость фотосинтетической системы растений в условиях заражения.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ГЕНОТИПОВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР С УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ВЕСЕННИМ ЗАМОРОЗКАМ

А. М. Голубев*, В. Э. Анфалов, А. А. Куликов, В. С. Вдовенко

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», Саратов, Россия

**biotechnoalgol@mail.ru*

Ключевые слова: динамика АБК в завязи, морозостойкость завязи, связанная вода

PROSPECTS FOR CREATING STONE FRUIT GENOTYPES WITH SPRING FROST RESISTANCE

A. M. Golubev*, V. E. Anfalov, A. A. Kulikov, V. S. Vdovenko

FSBSO “FCAR of the South-East Region”, Saratov, Russian Federation

Keywords: ABA dynamics in the ovary, frost resistance of the ovary, bound water

Гибель генеративных образований на разных стадиях развития от зимне-весенних морозов и заморозков – одна из основных причин нерегулярного плодоношения большинства косточковых культур, особенно абрикоса, миндаля, черешни и персика. В полевых условиях исследована устойчивость завязи к весенним заморозкам у коллекционных косточковых культур – вишни, черешни, сливы, сливово-терновых гибридов, абрикоса и персика. На контрастных по зимостойкости и срокам цветения генотипах абрикоса и персика, изучена динамика изменения следующих показателей завязей – веса, объема, содержания АБК, ИУК, общей и связанной воды. Исследования показали, что с ростом завязи у большинства генотипов имеется тенденция к увеличению содержания в них как ауксинов, так и абсцизовой кислоты, но у поздноцветущих и более заморозкоустойчивых генотипов персика, содержание ИУК снижается (Адриатика) или замедляются темпы ее накопления (Саратовскийй – 33-2). У более заморозкоустойчивых и поздноцветущих генотипов персика, уровень АБК на ранних стадиях развития завязи был выше, чем у неморозостойких. Обнаружено, что с ростом завязи количество объемной воды у персика увеличивается, а количество связанной имеет тенденцию к снижению. Видимо по этой причине менее развитая завязь лучше выдерживает весенние заморозки. В селекционный процесс, на устойчивость к заморозкам, привлечены наиболее поздноцветущие генотипы персика – Саратовский 33-2, Адриатика и абрикоса – Спартанец.

Исследование выполнено в рамках госзадания FNWF-2025-0002.

Основные публикации авторов по тематике доклада:

Some mechanisms of winter resistance in apricot flower buds in the period of ecodormancy / A. M. Golubev, N. A. Alyoshina, V. E. Anfalov, A. A. Kulikov, V. S. Vdovenko // Agronomy Research. 2021. Vol. 19, N 3. P. 1487–1503. DOI: 10.15159/AR.21.132

Голубев А. М., Алёшина Н. А., Куликов А. А., Бодров Н. В., Ефремова Н. А. Оценка зимостойкости исходного селекционного материала и гибридного фонда абрикоса в Нижнем Поволжье // Труды Кубанского ГАУ. 2024. № 1 (110). С. 94–100. DOI: 10.21515/1999-1703-110-94-100

ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА РАЗВИТИЕ ИНДУЦИРОВАННОЙ ТЕРМОТОЛЕРАНТНОСТИ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ: АНАЛИЗ БЕЛКОВ ТЕПЛОВОГО ШОКА, ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ И ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА

О. И. Грабельных [1,2]*, И. В. Любушкина [1], Т. Г. Горностай [1], А. В. Корсукова [1], Н. С. Забанова [1,2], Е. А. Полякова [1], О. А. Федотова [1], К. А. Кириченко [1], Е. В. Бережная [1], Т. П. Побежимова [1]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия

grolga@sifibr.irk.ru

Ключевые слова: белки теплового шока, жирнокислотный состав, термотолерантность, яровая пшеница

EFFECT OF LIGHT ON THE DEVELOPMENT OF INDUCED THERMOTOLERANCE IN SPRING WHEAT SEEDLINGS: ANALYSIS OF HEAT SHOCK PROTEINS, PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS AND FATTY ACID COMPOSITION

O. I. Grabelnych [1,2]*, I. V. Lyubushkina [1], T. G. Gornostai [1], A. V. Korsukova [1], N. S. Zabanova [1,2], E. A. Polyakova [1], O. A. Fedotova [1], K. A. Kirichenko [1], E. V. Berezhnaya [1], T. P. Pobezhimova [1]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] ISU, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: heat shock proteins, fatty acid composition, thermotolerance, spring wheat

Изучены выход электролитов, синтез белков теплового шока (БТШ), содержание сахаров и фотосинтетических пигментов, жирнокислотный состав липидов в этиолированных и зеленых проростках яровой пшеницы при тепловом закаливании. Показано, что тепловая обработка умеренно высокой температурой 39°С (24 ч) этиолированных проростков в темноте и зеленых проростков на свету защищает проростки при последующем тепловом шоке, вызывая развитие индуцированной термотолерантности, характеризующееся синтезом отдельных БТШ, увеличением содержания сахаров и изменениями в содержании отдельных жирных кислот (ЖК). Особый интерес вызывают изменения ЖК-состава. Так, в этиолированных проростках, закаливание которых протекало в темноте, обнаружено снижение доли олеиновой кислоты и возрастание долей линолевой и α-линоленовой кислот. Сходные, но менее выраженные изменения наблюдали и при тепловом закаливании зеленых проростков на свету. Под действием закаливающей температуры доля пальмитиновой кислоты в листьях зеленых проростков снижалась, а доля α-линоленовой кислоты увеличивалась. Доли основных ЖК, таких как стеариновая, олеиновая и линолевая кислоты при тепловом закаливании зеленых проростков на свету не изменялись. Тепловая обработка зеленых проростков, проводившаяся в темноте, не приводила к изменениям в составе и долях отдельных ЖК.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0277-2025-0006, рег. № НИОКТР – 125021902487-9.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СЕЛЕНА И АРАБИНОГАЛАКТАНА НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ ПРОФИЛЬ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН *CLAVIBACTER SEPEDONICUS*

И. А. Граскова*, И. М. Романова, А. И. Перфильева, Б. Г. Сухов
СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
**graskova@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: бактерии, десатуразы, наночастицы, хромато-масс-спектрометрия

STUDY OF HOW SELENIUM AND ARABINOGALACTAN-BASED NANOCOMPOSITES AFFECT THE FATTY ACID PROFILE IN *CLAVIBACTER SEPEDONICUS* CELL MEMBRANES

I. A. Graskova*, I. M. Romanova, A. I. Perfileva, B. G. Sukhov
SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: bacteria, desaturases, nanocomposites, chromatograph-mass-spectrometry

Фитопатогенная бактерия *Clavibacter sepedonicus (Cms)* вызывает кольцевую гниль картофеля. В настоящее время отсутствуют эффективные агенты для регуляции численности этой бактерии, как и методов их уничтожения. Было показано, что нанокомпозиты селена и арабиногалактана (НК Se /Аг) вызывают изменения морфологии бактериальной клетки с последующим ее разрушением. Нанокомпозиты продемонстрировали наличие бактериостатического эффекта, негативно влияя на рост и размножение бактерий.

Показан жирнокислотный профиль *Cms*, который может быть использован для исследований возможных воздействий наноматериалов на жизнеспособность бактерии. Выявлено 17 жирных кислот с длиной цепи от 12 до 20 атомов углерода. При воздействии нанокомпозитов наблюдается снижение уровня содержания насыщенных жирных кислот, в основном, пальмитиновой и стеариновой. Увеличение ненасыщенности происходит за счет значительного увеличения изо- и антеизо-жирных кислот C_{14}-C_{17} ряда. Увеличение концентрации селена в составе нанокомпозитов оказывает более сильное воздействие на изменение профиля жирных кислот мембранных липидов бактерий.

Результаты оценки активности ацил-липидных десатураз выявили, что нанокомпозиты селена повышают активность ω9- и ω3-десатураз, не оказывая влияния на активность ω6-десатуразы.

Действие нанокомпозитов Se и Аг на фитопатогенную бактерию *Cms* приводит к ремоделированию липидного профиля в результате изменения активности ацил-липидных ω9-, ω6- и ω3-десатураз и, как следствие, повышения ненасыщенности жирных кислот. В результате изменения количества жирных кислот и увеличения степени их ненасыщенности происходит повышение текучести и проницаемости клеточной мембраны, что приводит к разрушению клеточной стенки и гибели бактерий. Модификация жирнокислотного состава липидов *Cms* под влиянием нанокомпозитов селена и арабиногалактана выступает одним из ключевых механизмов реализации их бактериостатического эффекта.

ФИТОРЕГУЛЯТОРНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ АКТИНОБАКТЕРИЙ АРИДНОЙ ЗОНЫ

Л. Н. Григорян [1]*, Ю. В. Батаева [2]

[1] ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», Астрахань, Россия
[2] ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

**lilyagrigoryan90@mail.ru*

Ключевые слова: актинобактерии, аридная зона, стрептомицеты, фитостимуляция, штаммы

PHYTOREGULATORY ACTIVITY OF SOIL ACTINOBACTERIA IN THE ARID ZONE

L. N. Grigoryan [1]*, Yu. V. Bataeva [2]

[1] FSBE of HE «Astrakhan State University», Astrakhan, Russian Federation
[2] Timiryazev University, Moscow, Russian Federation

Keywords: actinobacteria, arid zone, streptomyces, phytostimulation, strains

Актинобактерии способны оказывать антагонистическую активность в отношении вредных членистоногих и фитопатогенов, которые снижают урожайность сельскохозяйственных культур, что особенно проявляется в южных регионах земледелия, где создается один из самых высоких инфекционных фонов.

Фитостимулирующее влияние обработок на растениях томата оценивали по значениям урожайности. За весь период вегетации проведено девять сборов. Математическую обработку полученных данных и расчет статистических параметров проводили с использованием пакета компьютерных программ Microsoft Excel 2016.

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа данных показали, что на варьирование урожайности томатов в опыте существенное влияние оказали варианты обработок, причем вклад фактора «Суспензия штамма» ($F = 1{,}41$; $p \geq 0{,}95$) более чем в 12 раз превосходил вклад фактора «Экстракты штамма» ($F = 0{,}11$; $p \geq 0{,}95$).

Штамм *Streptomyces carpaticus* RCAM04697 является компонентом почвенных экосистем Астраханского региона, вследствие чего не причиняет вреда окружающей среде. Учитывая это преимущество, трехкратное количество обработок не оказывает негативного действия на фитосанитарную обстановку при возделывании томатов. Полученные результаты не только свидетельствуют об отсутствии у штамма бактерий RCAM04697 фитотоксического действия, но и демонстрируют их способность стимулировать рост растений томата за счёт подавления возбудителей и переносчиков инфекции.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Батаева Ю. В. Актинобактерии: противовирусная и фитостимулирующая активность // Биотехнология. 2024. Т. 40, № 2. С. 84–92. DOI: 10.56304/S0234275824020042

ВЗАИМОСВЯЗЬ СИМБИОТИЧЕСКОЙ АЗОТФИКСАЦИИ ЧЕЧЕВИЦЫ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БИОПРЕПАРАТОВ

Г. П. Гурьев

ФГБНУ ФНЦ ЗБК, Орел, Россия

gurievorel@mail.ru

Ключевые слова: биопрепараты, клубеньковые бактерии, погодные условия

RELATIONSHIP BETWEEN SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION OF LENTILS AND WEATHER CONDITIONS IN THE USE OF MULTIFUNCTIONAL BIOPREPARATIONS

G. P. Gur'ev

FSBSI FSC LGC, Orel, Russian Federation

Keywords: biopreparations, nodule bacteria, weather conditions

Чечевица – растение семейства Бобовые (Fabaceae), относится к двудольным растениям. Посевные площади под чечевицей в России постоянно увеличиваются. В 2023 г. они составляли порядка 354,1 тыс. га. Важнейшей биологической особенностью чечевицы является ее способность в симбиозе с клубеньковыми бактериями семейства Rizobiaceae удовлетворять свои потребности в азоте на 50–70 % за счет азота воздуха. Важным приемом для успешной симбиотической азотфиксации является предпосевная обработка семян биопрепаратами.

В полевых условиях проведены испытания разных биопрепаратов. В засушливые 2022–2023 гг. (ГТК в июне составил 0,92–1,10) испытаны препараты на основе клубеньковых бактерий Ризобин^{агро} и Микробиоком^{агро}, содержащий клубеньковые и ассоциативные микроорганизмы, фиксирующие азот, мобилизующие фосфор, стимулирующие рост растений и обладающие протекторными свойствами. Не установлено существенных различий в урожайности между контрольными вариантами и биопрепаратами. В 2024 г. (слабо засушливый) и в 2025 г. (избыточно увлажненный, в июле ГТК составил 2,48) испытаны препараты Ризобин^{агро}, Аурилл – биологический фунгицид на основе *Bacillus amiloliyuefaciens* штамм 01-1 и Экобацил на основе бактерий *Bacillus subtilis* (сенная палочка) штамм 12 501, а также штамм клубеньковых бактерий 724. Установлено, что все испытанные препараты, особенно в сочетании с препаратами клубеньковых бактерий и биологическими фунгицидами повысили урожайность чечевицы. При этом можно выделить 2025 г., когда достоверные прибавки урожая достигли на сорте Аида 15–36 %, на сорте Фламенко 30–49 %, на сорте Восточная 21–36 %, а в 2024 г. в тех же вариантах прибавки составили на сорте Аида 4 % (Ризобин^{агро} + Аурилл), на сорте Фламенко 7,9 %, на сорте Восточная 4,8 %. Таким образом, сравнивая годы с различными погодными условиями, можно констатировать, что биологические препараты «работают» только в условиях достаточного увлажнения.

Исследования выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания FGZZ-2025-0011.

УСТОЙЧИВОСТЬ И АДАПТАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ЮГА ТАДЖИКИСТАНА

Н. К. Давлатова*, З. М. Хамрабаева, М. М. Якубова
Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан
**nildavlatova@mail.ru*

Ключевые слова: адаптация, алкалоиды, антиоксиданты, лекарственные растения, устойчивость, флавоноиды

STABILITY AND ADAPTATION CHARACTERISTICS OF MEDICINAL PLANTS IN SOUTHERN TAJIKISTAN

N. K. Davlatova*, Z. M. Khamrabaeva, M. M. Yakubova

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

Keywords: adaptation, alkaloids, antioxidants, flavonoids, medicinal plants, resistance

Юг Таджикистана отличается разнообразными природно-климатическими условиями, такими как высокая температура воздуха, засушливость, интенсивное солнечное излучение, малое количество осадков и бедные почвы. В таких условиях выживают только устойчивые и хорошо адаптированные растения. Особое место среди них занимают лекарственные растения, которые обладают высокой биологической активностью и способностью приспосабливаться к неблагоприятным факторам окружающей среды. Лекарственные растения юга Таджикистана используются в народной и научной медицине, а также имеют большое экологическое и хозяйственное значение. Изучение устойчивости и адаптационных особенностей этих растений позволяет понять механизмы их выживания и рационально использовать природные ресурсы. Целью данной работы является изучение устойчивости и адаптационных особенностей лекарственных растений юга Таджикистана.

Природно-климатические условия юга Таджикистана характеризуются сухим и жарким климатом, летом температура воздуха может достигать 40–45 ºС, осадков выпадает мало. Почвы в основном сероземные, местами каменистые и малоплодородные. Такие условия создают серьезные трудности для роста растений. Недостаток влаги, высокая температура и сильное солнечное излучение требуют от растений особых приспособительных механизмов. Поэтому в этом регионе формируются устойчивые виды растений, способные переносить засуху, жару и бедность почв. Лекарственные растения юга Таджикистана приспособились к этим условиям и выработали различные адаптационные механизмы.

Морфологические адаптации: уменьшенные листья, колючки, плотные ткани, развитая корневая система, восковой налет на листьях.

Физиологические адаптации: замедленный обмен веществ, накопление фенольных соединений, устойчивость к высоким температурам, способность сохранять влагу. Фенольные соединения защищают растения от ультрафиолетового излучения и стрессовых факторов.

Биохимические адаптации: образование алкалоидов, эфирных масел, флавоноидов и антиоксидантов. Эти вещества защищают клетки растений от повреждений и повышают устойчивость.

ИЗМЕНЕНИЕ ЭКСПРЕССИИ ГЕНА АЛЛЕНОКСИДСИНТАЗЫ ВЛИЯЕТ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПШЕНИЦЫ К АБИОТИЧЕСКИМ СТРЕССАМ

В. И. Дегтярёва [1,2]*, Д. Н. Мирошниченко [1,3], А. В. Пиголев [1], Е. А. Дегтярёв [1], А. С. Пушин [3], В. В. Алексеева [3], С. В. Долгов [3], Т. В. Савченко [1]

[1] ИФПБ РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия
[2] ПущГЕНИ – филиал РОСБИОТЕХ, Пущино, Россия
[3] ФИБХ РАН, Пущино, Россия

**Vlada.buryak@gmail.com*

Ключевые слова: жасмонаты, продуктивность, пшеница, стрессоустойчивость

CHANGES IN THE EXPRESSION OF THE ALLENE OXIDE SYNTHASE GENE AFFECT WHEAT RESISTANCE TO ABIOTIC STRESSES

V. I. Degtyaryova [1,2]*, D. N. Miroshnichenko [1,3], A. V. Pigolev [1], E. A. Degtyaryov [1], A. S. Pushin [3], V. V. Alekseeva [3], S. V. Dolgov [3], T. V. Savchenko [1]

[1] IBBP RAS PSCBR RAS, Pushchino, Russian Federation
[2] PushGENI – Branch of BIOTECH University, Pushchino, Russian Federation
[3] IBch RAS, Pushchino, Russian Federation

Keywords: jasmonates, productivity, wheat, stress tolerance

Информации о функционировании жасмонатной системы у злаковых культур сравнительно мало, чтобы ее использовать для улучшения растений. Одним из способов изучения указанных фитогормонов являются генетические манипуляции, приводящие к изменению эндогенного уровня гормона в тканях растений. С целью исследования жасмонат-зависимой регуляции продукционных процессов и устойчивости зерновых культур к стрессовым факторам изучены генетически модифицированные линии мягкой пшеницы и полбы с широким спектром экспрессионных изменений (от подавления до сверхэкспрессии). Анализ устойчивости ряда трансгенных линий мягкой пшеницы со сверхэкспрессией *AtAOS* (кодирует локализованный в хлоропластах белок) из *Arabidopsis thaliana* или его гомолога *TaAOS2* из пшеницы выявил повышенную устойчивость к стрессовым факторам абиотической природы, а именно к осмотическому стрессу. Показана взаимосвязь между изменением содержания жасмонатов и проявлениями признаков стрессоустойчивости. При этом сверхэкспрессия *AtAOS* приводила к отставанию растений пшеницы в росте, сокращению числа зерен в колосе и снижению веса семян, тогда как сверхэкспрессия *TaAOS2* не влияла на показатели продуктивности растений. Сверхэкспрессия генов *AOS*, повлекшая за собой изменение уровня жасмонатов у изучаемых линий пшеницы полбы, негативно влияла на начальные стадии развития растений в условиях теплового стресса. Тогда как замалчивание генов *AOS* у мягкой пшеницы негативным образом сказывалась преимущественно при отклонении от оптимальной температуры в сторону понижения, и в значительно меньшей степени при тепловом стрессе. Трансгенные линии пшеницы со сверхэкспрессией или замалчиванием *AOS* являются перспективным материалом для детального анализа адаптивных реакций растений, контролируемых жасмонатным сигналингом.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-16-00047-П.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЖАСМОНАТОВ, АБСЦИЗОВОЙ И САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТ В ЛИСТЬЯХ ГЕКСАПЛОИДНОЙ И ТЕТРАПЛОИДНОЙ ПШЕНИЦЫ ВО ВРЕМЯ ПАТОГЕНЕЗА

Е. А. Дегтярёв [1]*, А. В. Пиголев [1], Д. Н. Мирошниченко [1,2], С. В. Долгов [2], Т. В. Савченко [1]

[1] ИФПБ РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия
[2] ФИБХ РАН, Пущино, Россия

**evkras99@yandex.ru*

Ключевые слова: абсцизовая кислота, жасмонаты, некротрофные фитопатогены, пшеница, салициловая кислота

CHANGES IN THE CONTENT OF JASMONATES, ABSCISIC ACID, AND SALICYLIC ACID IN THE LEAVES OF HEXAPLOID AND TETRAPLOID WHEAT DURING PATHOGENESIS

E. A. Degtyaryov [1]*, A. V. Pigolev [1], D. N. Miroshnichenko [1,2], S. V. Dolgov [2], T. V. Savchenko [1]

[1] IBBP RAS PSCBR RAS, Pushchino, Russian Federation
[2] IBch RAS, Pushchino, Russian Federation

Keywords: abscisic acid, jasmonates, necrotrophic phytopathogens, wheat, salicylic acid

Растительные гормоны жасмонаты (12-оксофитодиеновая кислота, жасминовая кислота, жасмонил-L-изолейцин), абсцизовая и салициловая кислоты участвуют в регуляции механизмов защиты растений от фитопатогенов. На сегодняшний день имеется мало сведений об изменении их содержания при заражении листьев пшеницы. Изучение функционирования этих гормональных систем может быть полезно для создания более устойчивых сортов и разработки новых способов защиты растений.

Исследование проводилось на коллекции растений гексаплоидной (мягкой) и тетраплоидной (твердой) пшеницы с измененным содержанием жасмонатов в результате сверхэкспрессии и подавления экспрессии генов двух ключевых ферментов пути биосинтеза жасмонатов: алленоксидсинтазы и/или 12-оксофитодиеноатредуктазы. Листья были инфицированы фитопатогеном *Botrytis cinerea*. Во время развития инфекции определяли содержание абсцизовой, жасминовой, салициловой кислот и жасмонил-L-изолейцина с помощью газового хроматографа с масс-спектрометром.

Изучение одиннадцати трансгенных линий гексаплоидной пшеницы и трех линий тетраплоидной пшеницы позволило выявить, что во время патогенеза происходят изменения содержания исследуемых фитогормонов и восприимчивость трансгенных линий пшеницы зависит от характера этих изменений: раннее увеличение содержания гормонов способствует меньшей восприимчивости пшеницы к *B. cinerea*.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-16-00047-П.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ НУТА

М. В. Донская

ФГБНУ ФНЦ ЗБК, Орел, Россия
nmaria_87@mail.ru

Ключевые слова: инокуляция, нут, сорт, урожайность

MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS AS A FACTOR FOR INCREASING THE YIELD OF CHICKPEA

M. V. Donskaya

FSBSI FSC LGC, Orel, Russian Federation

Keywords: chickpea, inoculation, variety, yield

Нут (*Cicer arietinum* L.) широко используется в пищевой промышленности во многих странах мира. В России он возделывается главным образом в Волгоградской, Саратовской, Самарской, Оренбургской и Ростовской областях, которые обеспечивают более 90 % сбора зерна. В последние годы наблюдается потепление климата, что делает нут привлекательной культурой для возделывания в центральных регионах. Однако его продвижение сдерживается небольшим количеством сортов, адаптированных к конкретным условиям региона, и элементов технологии возделывания, позволяющих в полной степени реализовать биологический потенциал продуктивности этой ценной культуры. Цель исследований заключалась в изучении эффективности применения микробиологических препаратов для предпосевной обработки различных сортов нута. Работу проводили в полевых условиях в 2023–2025 гг. Схема опыта включала контроль (без обработок) и варианты с предпосевной инокуляцией семян азотфиксирующими бактериями *Mesorhizobium ciceri* (штамм 522); препаратами Ризобин^{агро} и Аурилл; Ризобин^{агро} и Экобацил. Микробиологические препараты были получены из ФГБНУ «ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии» (г. Санкт-Петербург) и ФГБУН «НИИ сельского хозяйства Крыма» (г. Симферополь). Применение микробиологических препаратов для предпосевной обработки семян оказывало благоприятное действие на рост и развитие растений нута. В среднем за три года в вариантах с инокуляцией наблюдалось наибольшее увеличение по сравнению с контролем сухой массы растений на 29 %, числа семян и бобов на 40 и 30 % соответственно, а также семенной продуктивности растений на 28 %, что положительно отразилось на урожайности. Прибавка урожайности у сорта Аватар и линии Л2 составила 0,2–0,3 т/га при контрольных значениях 3,4–3,6 т/га соответственно. Наибольшая урожайность зерна отмечалась у сорта Аватар в варианте с *Mesorhizobium ciceri* (штамм 522) и препаратами Ризобин^{агро} и Экобацил – 3,7 т/га, у линии Л2 в варианте с *Mesorhizobium ciceri* (штамм 522) и препаратами Ризобин^{агро} и Аурилл – 3,8 т/га.

Исследование выполнено в рамках государственного задания № FGZZ-2025-0011 «Биотехнологии в качестве элементов селекционного процесса создания новых высокопродуктивных форм и сортов зернобобовых и крупяных культур с высоким качеством и устойчивостью к стрессовым факторам».

СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ И АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ ПРО- И АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В МИТОХОНДРИАЛЬНОМ И ЦИТОПЛАЗМАТИЧЕСКОМ ФОНДЕ РАСТЕНИЙ *GLYCINE MAX* В УСЛОВИЯХ ГИПОКСИИ

А. Н. Ершова, О. С. Бердникова, Н. В. Колесник

ФГБОУ ВО «ВГПУ», Воронеж, Россия

profershova@mail.ru

Ключевые слова: митохондрии, цитоплазма, свободнорадикальные процессы, гипоксия, соя

FREE RADICAL PROCESSES AND ACTIVITY OF ENZYMES OF PRO- AND ANTIOXIDANT SYSTEM IN MITOCHONDRIAL AND CYTOPLASMIC FUND OF *GLYCINE MAX* UNDER HYPOXIA

A. N. Ershova, O. S. Berdnikova, N. V. Kolesnik

Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russian Federation

Keywords: mitochondria, cytoplasm, free radical processes, hypoxia, soy

Соя является одной из основных зернобобовых культур в мире. Однако урожайность сои зависит от факторов среды, включая даже кратковременное затопление почв, что вызывает дефицит кислорода. В митохондриях растений в результате сбоев в ЭТЦ-дыхания при стрессах активируются процессы перекисного окисления липидов. Исследовали накопления разных типов АФК в митохондриальном и цитоплазматическом фондах клеток растений при кратковременном дефиците кислорода, а также активность ферментов липоксигеназы и супероксиддисмутазы (СОД).

В опытах надземную часть проростков сои помещали на 3, 6 и 24 ч в газовые среды: воздух (контроль), или азот (содержание кислорода 0,5 % v/v). Хлоропласты и митохондрии выделяли методом дифференциального центрифугирования. Содержание супероксида определяли по накоплению адренохрома, пероксида водорода с использованием пероксидазы и рассчитывали на мг белка. Присутствие липоксигеназы в митохондриях доказывали методом нативного электрофореза в ПААГ. Активность липоксигеназы определяли спектрофотометрически по накоплению липопероксидов, СОД по окислению ФМС и выражали в ФЕ/мг белка мин$^{-1}$. Опыты проводились в 3–5 биологических повторностях.

Впервые проведены исследования процессов СРО в отдельных компартментах растительных клеток в условиях кратковременной (часовой) гипоксии. Показано, что в митохондриальном фонде накопление АФК происходит уже при часовых сроках действия гипоксии, в отличие от цитоплазматического. Установлена важная роль липоксигеназного пути образования АФК в митохондриях при кратковременных (часовых) экспозициях, что раньше подвергалось сомнению. Обнаружено повышение активности СОД в этот период, что важно для регуляции уровня СРО в митохондриях и может характеризовать устойчивость растений к дефициту кислорода. В цитоплазматическом фонде активация свободнорадикальных процессов происходила при более длительных, суточных сроках действия гипоксии, что нужно учитывать при изучении устойчивости растений к стрессам, включая гипоксический.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ГЛИКОПРОТЕИНА KPILP *NICOTIANA BENTHAMIANA*

Н. М. Ершова [1]*, Е. В. Шешукова [1], К. А. Камарова [1], Т. В. Комарова [1,2]

[1] ИОГен РАН, Москва, Россия
[2] МГУ, Москва, Россия

**ershova@vigg.ru*

Ключевые слова: апопласт, секреция, гликозилирование, клеточная стенка, эндоцитоз

STUDY ON LOCALIZATION OF *NICOTIANA BENTHAMIANA* GLYCOPROTEIN KPILP

N. M. Ershova [1]*, E. V. Sheshukova [1], K. A. Kamarova [1], T. V. Komarova [1,2]

[1] VIGG RAS, Moscow, Russian Federation
[2] MSU, Moscow, Russian Federation

Keywords: apoplast, cell wall, endocytosis, glycosylation, secretion

Гликозилирование белков по остатку аспарагина происходит в эндоплазматическом ретикулуме (ЭР) и аппарате Гольджи (АГ). Гликопротеины участвуют в регуляции межклеточного транспорта и ответных реакциях на различные стрессы. Исследования KPILP (Kunitz protease inhibitor like protein) *Nicotiana benthamiana*, который содержит три сайта *N*-гликозилирования, показали, что KPILP участвует в регуляции межклеточного транспорта в листьях в условиях стресса, и для выполнения этой функции ему необходимы все три сайта. Но вопрос о локализации KPILP в клетке оставался открытым. В данной работе показано, что фьюз KPILP:GFP локализуется по периферии внутри клетки. В условиях плазмолиза KPILP:GFP остается в протопласте в ассоциации с везикулами транс-сети АГ (TGN). Делеционная форма $^{1\text{-}99}$KPILP:GFP, содержащая первые 99 а.к. и сайты N60 и N86, проявляла аналогичный паттерн локализации как в нормальных условиях, так и в условиях плазмолиза. При ингибировании клатрин-зависимого эндоцитоза KPILP:GFP диффузно распределялся по периферии клетки в ассоциации с плазматической мембраной (ПМ). В отличие от нативной, делеционная форма $^{1\text{-}99}$KPILP:GFP при ингибировании эндоцитоза была колокализована с TGN. Мутации в сайтах 60 и 86 приводят к тому, что и KPILP$^{N60A/N86A}$:GFP при ингибировании эндоцитоза ассоциирован с TGN, но не с ПМ. По-видимому, такая мутантная форма не способна перемещаться между TGN и ПМ. Мутация сайта N136 не изменила паттерна локализации KPILP^{N136mut}:GFP: и в нормальных условиях, и при ингибировании эндоцитоза распределение белка было, как и для нативной формы. То есть для полноразмерного KPILP сайт N136 является необходимым, но не достаточным для корректного таргетинга. Таким образом, было показано, что созревающий в ЭР/АГ KPILP ассоциирован с везикулами TGN и ПМ, циркулируя между ними при участии клатрин-зависимого эндоцитоза, но для этого ему необходимы три сайта гликозилирования N60, N86 и N136.

Исследование выполнено в рамках государственного задания, тема № 125091010191-6.

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ: ИЗУЧЕНИЕ R-ГЕНОВ КАРТОФЕЛЯ К *P. INFESANS* ПОМОЩЬЮ ЭФФЕКТОРОМИКИ

А. Д. Жадан*, Е. А. Соколова, М. В. Лебедева, В. В. Таранов, В. В. Мартынов

ФГБНУ ВНИИСБ, Москва, Россия

**anastasya.jane@yandex.ru*

Ключевые слова: агроинфильтрация, R-гены, *Phytophthora infestans*, эффекторомика

PLANT AND MICROORGANISM RESISTANCE: STUDY OF POTATO R-GENES AGAINST *P. INFESTANS* USING EFFECTOROMICS

A. D. Zhadan*, E. A. Sokolova, M. V. Lebedeva, V. V. Taranov, V. V. Martynov

ARRIAB, Moscow, Russian Federation

Keywords: agroinfiltration, R-genes, *Phytophthora infestans*, effectoromics

Потери урожая картофеля от фитофтороза (*Phytophthora infestans*) при сильном поражении могут достигать 50–70 %. Устойчивость картофеля определяется R-генами, кодирующими рецепторы, распознающие AVR-эффекторы патогена. Распознавание запускает гиперчувствительный ответ – программируемую гибель клеток, локализующую инфекцию. Однако высокая мутационная активность *P. infestans* позволяет ему преодолевать R-гены.

Для функциональной оценки взаимодействия рецепторов картофеля и эффекторов фитофторы используем агроинфильтрацию в листьях *Nicotiana benthamiana* с коинфильтрацией двух конструкций, экспрессирующих R-ген и соответствующий AVR-эффектор. Для валидации выбрана известная пара: R3a (NLR-рецептор CC-NLR класса, локализован в цитоплазме) и AVR3a. Ген AVR3a имеет небольшую длину и клонирован в pBI121. Клонирование полноразмерных R-генов картофеля сложно из-за их длины (~4 т.п.н.) и повторяющихся мотивов.

Для создания конструкций проведено секвенирование ампликонов R3a на Oxford Nanopore, что позволило верифицировать его последовательность. R3a амплифицирован в виде трех перекрывающихся фрагментов, собранных в полноразмерную кодирующую последовательность в векторе pBI121 HA методом Golden Gate. Ожидается, что коинфильтрация конструкций с R3a и AVR3a вызовет HR в виде локального некроза, что подтвердит функциональность системы. Валидация на этой паре позволит распространить подход на другие пары R–AVR генов картофеля и *P. infestans*.

Работа выполнена при поддержке государственного задания FGUM-2025-0004.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПЛАЙСИНГ ГЕНА *10 FTHF-DF* КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ВЛАЖНОСТИ

Е. И. Зайцева [1,2]*, В. О. Самарская [1]

[1] ГНЦ ИБХ РАН, Москва, Россия
[2] ФББ МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

**elzaytceva@mail.ru*

Ключевые слова: картофель, абиотический стресс, альтернативный сплайсинг, биоинформатика

POTATO *10 FTHF-DF* ALTERNATIVE SPLICING AS A REGULATOR OF HUMIDITY STRESS RESPONSE

E. I. Zaytceva [1,2]*, V. O. Samarskaya [1]

[1] Shemyakin-Ovchinnikov IBCh RAS, Moscow, Russian Federation;
[2] FBB, Lomonosov MSU, Moscow, Russian Federation

Keywords: potato, abiotic stress, alternative splicing, bioinformatics

В настоящее время в целях поиска новых подходов к защите растений от негативных последствий абиотического и биотического стрессов проводятся исследования транскриптомов растений. Альтернативный сплайсинг (АС) представляет собой один из механизмов регуляции экспрессии гена и функции кодируемого им белка: синтез нескольких мРНК при транскрипции одного гена, роль продуктов которых может значительно различаться. Метионин-фолатный цикл, конечным продуктом которого является гормон этилен, является одним из основных циклов в жизнедеятельности растений и вовлечен в реакции растения на абиотический стресс. В настоящей работе проведен поиск генов, участвующих в метаболизме ТГФ и метионина и подвергающихся АС, в растениях картофеля *S. tuberosum* в условиях нормальной и повышенной влажности. На основании данных глубокого секвенирования РНК проведен анализ дифференциальной экспрессии (ДЭ) генов (HISAT, DESeq2) и ДАС (Salmon, edgeR) и изучены потенциально функциональные изменения с опорой на аннотации GO и PFAM. Среди 282 ДАС-генов нашлось 30, изменения в экспрессии которых можно рассматривать как потенциально функциональные. Одним из таких генов оказался ген, кодирующий 10формил-ТГФ деформилазу, один из ключевых ферментов данного цикла (10 FTHF-dF конвертирует 10формил-ТГФ в ТГФ). ТГФ является предшественником S-аденозилметионина, контролирующего все процессы метилирования в растениях. Оказалось, что в условиях высокой влажности экспрессируются короткие изоформы, соответствующие данному ферменту без регуляторного домена, предположительно функционально неактивные, что, возможно, приводит к разбалансировке метионин-фолатного цикла. Биоинформатические данные были верифицированы ПЦР в реальном времени. Результаты могут указывать на возможный способ регуляции ответа растения на стресс высокой влажности.

Исследование выполнено при поддержке РНФ (РНФ № 23-74-30003).

ВЛИЯНИЕ ПРАЙМИНГА СЕМЯН НА АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ ПРОРОСТКОВ СОИ В УСЛОВИЯХ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА

Л. Е. Иваченко [1]*, А. А. Блинова [1], М. А. Трифонова [1], В. А. Кузнецова [2]

[1] ФГБОУ ВО «БГПУ», Благовещенск, Россия
[2] ВИР, Дальневосточная опытная станция – филиал ВИР, Владивосток, Россия

**ivachenko-rog@yandex.ru*

Ключевые слова: окислительный стресс, прайминг, ферменты, *Glycine max*

EFFECT OF SEED PRIMING ON THE ACTIVITY OF ANTIOXIDANT ENZYMES IN SOYBEAN SEEDLINGS UNDER OXIDATIVE STRESS

L. E. Ivachenko [1]*, A. A. Blinova [1], M. A. Trifonova [1], V. A. Kuznetsova [2]

[1] BSPU, Blagoveshchensk, Russian Federation
[2] VIR, Far East Experiment Station – branch of VIR, Vladivostok, Russian Federation

Keywords: *Glycine max,* enzymes, oxidative stress, priming

Поглощение воды – ключевой момент, запускающий процесс прорастания, является основой для технологии праймирования. Прайминг ограничен первыми двумя этапами прорастания семян, которые объединяют в первую (prime) фазу, без перехода к третьему этапу. При этом активация защитных физиолого-биохимических механизмов стрессоустойчивости.

Семена сортов сои Сентябринка и Чародейка, селекции ВНИИ сои, проращивали в чашках Петри в течение 1, 3, 5 и 7 ч при температуре 25 ºС. Затем семена высушивали в течение 24 ч и вновь проращивали 5 сут. В образцах исследуемых семян сои определяли белок (методом Лоури), активность пероксидазы и супероксиддисмутазы. В качестве маркера окислительного стресса при прорастании семян сои определяли содержание малонового диальдегида (МДА).

Полученные данные показали, что процесс набухания семян сои продолжается весь период замачивания и через 7 ч масса увеличивается в 2 раза. При высушивании в течение сут в исследуемых семенах сои сохранялась прочно удерживаемая вода до 10 % (или 5 % от массы набухшего семени). Всхожесть семян сои сорта Сентябринка, подверженных набуханию в течение 3 и 5 ч, высушенных, а затем вновь пророщенных в течение 5 сут составила 80 %. При прорастании семян сои происходит увеличение содержания МДА, что свидетельствует о нарастании окислительного стресса, повышение удельной активности антиоксидантных ферментов пероксидазы и супероксиддисмутазы.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Огурцов И. Б., Кузнецова В. А., Иваченко Л. Е. Активность оксидоредуктаз проростков сои на ранней стадии онтогенеза // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53, № 12. С. 35–44. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-12-4

ПОИСК ГЕНОВ ТАУМАТИНОПОДОБНЫХ БЕЛКОВ В ГЕНОМЕ *FILIPENDULA ULMARIA*

Е. А. Истомина*, Т. И. Одинцова

ИОГен РАН, Москва, Россия

**mer06@yandex.ru*

Ключевые слова: тауматиноподобные белки, геном, *Filipendula ulmaria*

SEARCH FOR TAUMATINE PROTEIN GENES IN THE *FILIPENDULA ULMARIA* GENOME

E. A. Istomina*, T. I. Odintsova

VIGG RAS, Moscow, Russian Federation

Keywords: thaumatin-like proteins, genome, *Filipendula ulmaria*

Таволга вязолистная *Filipendula ulmaria* – лекарственное растение, обладающее ценными фармакологическими свойствами. Экстракты этого растения обладают противовоспалительными, антимикробными, гастропротекторными, иммуномодулирующими и антиканцерогенными свойствами. Белки, связанные с патогенезом (PR-белки), представляют собой ценный источник антимикробных соединений для использования в защите растений. Тауматиноподобные белки (ТПБ) обладают противогрибковыми свойствами, ингибируют ферменты грибов, разрушают их мембраны, снижают жизнеспособность спор. Цель исследования состояла в поиске *in silico* генов тауматиноподобных белков в геноме таволги.

Поиск генов проводили с использованием сборки генома *F. ulmaria* (drFilUlma1.1: GCA_964200655.1), которая содержала нуклеотидные последовательности всех 7 хромосом. Геном *F. ulmaria* был сопоставлен с белковыми последовательностями ТПБ семейства Розовых с помощью алгоритма NCBI tbBLASTN. Открытые рамки считывания были проанализированы с помощью программного обеспечения Augustus. Для аннотации и выявления гомологии использовали базы данных GenBank. Функциональную характеристику ТПБ проводили с помощью InterProScan.

В результате в геноме таволги было обнаружено 27 генов предшественников ТПБ (*FuTLP1–27*). Показано, что гены *FuTLP* расположены на всех 7 хромосомах таволги, однако распределены они по хромосомам неравномерно. Определена экзон-интронная структура генов. Установлено, что большинство генов *FuTLP* содержат один или два интрона, однако восемь генов не содержат интронов. Показано, что предшественники *FuTLP* содержат сигнальную последовательность длиной от 19 до 30 ак. Гомология FuTLP таволги с тауматиноподобными белками растений семейства Розовые составила от 57 до 91 %. Проведен филогенетический анализ тауматиноподобных белков таволги и предсказаны белки с антимикробными свойствами.

Таким образом, помимо решения фундаментальной задачи – исследования арсенала защитных белков у лекарственного растения *F. ulmaria*, выявление новых тауматиноподобных белков, обладающих антимикробными свойствами, может в перспективе найти практическое применение для защиты сельскохозяйственных растений от болезней.

Исследование выполнено при поддержке государственного задания № 125091010191-6.

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ-МЕЛИОРАНТОВ, ИНОКУЛИРОВАННЫХ ЭНДОТРОФНЫМИ МИКРОМИЦЕТАМИ, К НЕФТЯНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

А. А. Исупова*, И. Л. Бухарина

ФГБОУ ВО «УдГУ», Ижевск, Россия

**isupova.anastasiya.96@mail.ru*

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, микроскопические грибы

RESISTANCE OF PLANT-MEDIATORS INOCULATED WITH ENDOTROPHIC MICROMYCETES TO OIL POLLUTION

A. A. Isupova*, I. L. Bukharina

Udmurt State University, Izhevsk, Russian Federation

Keywords: oil pollution, microscopic fungi

В нефтедобывающих регионах России при транспортировке нефти территории могут быть загрязнены. Существует проблема поиска наиболее эффективных и безопасных методов восстановления нефтезагрязненных земель, к которым относится биотехнологический метод с использованием микропрепаратов-нефтедеструкторов. В настоящее время идет поиск биологических агентов, которые повысили бы эффективность биопрепаратов или могли их заменить. Такими агентами могут быть микроскопические грибы. В ходе проведения полевого эксперимента микроделяночным методом было проанализировано влияние инокуляции эндотрофным грибом *Neonectria macrodidyma* к нефтяному загрязнению, показавшего свою эффективность ранее при лабораторных исследованиях. Для оценки эффективности инокуляции были проведены биохимические исследования надземной части растений-мелиорантов, а также анализ почвы на содержание нефти. При инокуляции данным микромицетом наблюдалость достоверное увеличение фотосинтетических пигментов a, b и каротиноидов по сравнению с контролем, что свидетельствует о повышении устойчивости растений к нефтяному загрязнению. В контрольных вариантах без инокуляции наблюдалось достоверное увеличение содержания аскорбиновой кислоты и малонового диальдегида, что может свидетельствовать об активации антиоксидантной системы растений на стрессовый фактор. В вариантах с инокуляцией данные показатели были достоверно ниже, что, возможно, связано с действием грибов. При инокуляции микромицетом *Neonectria macrodidyma* наблюдалось достоверное снижение концентрации нефти в 2,5 раза по сравнению с контролем без растений и грибов. В вариантах без инокуляции наблюдалось снижение концентрации нефти в 1,5 раза по сравнению с контролем. Результаты опытов указывают на эффективность применения микромицетов при биологическом этапе восстановления нефтезагрязненных замель.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Бухарина И. Л., Исламова Н. А., Исупова А. А. Перспективы использования консорциумов микроорганизмов и высших растений в восстановлении нефтезагрязненных земель // Успехи медицинской микологии. 2023. Т. 25. С. 85–87.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОБРАТИМО ГЛИКОЗИЛИРУЕМЫХ ПОЛИПЕПТИДОВ ПЕРВОГО И ВТОРОГО КЛАССА

К. А. Камарова [1]*, С. А. Симоненкова [2], Д. М. Бушмин [2], Е. В. Шешукова [1], Н. М. Ершова [1], Т. В. Комарова [1,2]

[1] ИОГен РАН, Москва, Россия
[2] ФГБОУ ВО МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

**kamila.kamarova@yandex.ru*

Ключевые слова: клеточная стенка, обратимо гликозилируемый полипептид, RGP, UAM

CHARACTERISTICS OF INTERACTIONS BETWEEN REVERSIBLY GLYCOSYLATED POLYPEPTIDES OF CLASSES 1 AND 2

K. A. Kamarova [1]*, S. A. Simonenkova [2], D. M. Bushmin [2], E. V. Sheshukova [1], N. M. Ershova [1], T. V. Komarova [1,2]

[1] VIGG RAS, Moscow, Russian Federation
[2] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Keywords: cell wall, reversibly glycosylated polypeptide, RGP, UAM

Одним из аспектов выживания растений в условиях стресса является поддержание целостности клеточной стенки (КС). КС выполняет ряд важных функций: защита клеток от механических повреждений, регуляция тургора и поддержание формы и размера клеток. L-арабиноза, компонент КС, играет особую роль в обеспечении ее прочности и стабильности. Белки семейства RGP (reversibly glycosylated polypeptides) – ключевые игроки в метаболизме арабинозы. RGP класса 1 (С1) катализируют превращение UDP-арабинопиранозы в UDP-арабинофуранозу. Для ряда С1 RGP продемонстрирована цитоплазматическая локализация и ассоциация с аппаратом Гольджи. Несмотря на то что многие члены семейства RGP растений разных видов были ранее охарактеризованы, роль и механизмы функционирования RGP класса 2 (С2), не обладающих ферментативной активностью, остаются мало изученными. Ранее мы обнаружили, что гены *N. benthamiana NbRGP1* и *NbRGP2* (С1) участвуют в антивирусном ответе. *NbRGP5* (С2) такими свойствами не обладает. Целью настоящей работы было исследовать особенности взаимодействия NbRGP С1 и С2. Анализ внутриклеточного распределения NbRGP5-GFP в клетках листьев *N. benthamiana.* в системе транзиентной экспрессии показал, что белок локализуется преимущественно в ядре, хотя биоинформатический анализ не выявил сигнала ядерной локализации в составе NbRGP5. Показано, что коэкспрессия *NbRGP5-GFP* с *NbRGP1* приводит к перераспределению NbRGP5-GFP из ядра в цитоплазму. Более того, коэкспрессия *NbRGP1-GFP* или *NbRGP2-GFP* с *NbRGP5* вызывает перераспределение NbRGP1/2-GFP и исчезновение их агрегатов, что указывает на взаимное влияние NbRGP С1 и С2. При использовании системы бимолекулярной комплементации флуоресценции было подтверждено взаимодействие NbRGP С1 (NbRGP1 или NbRGP2) и С2 (NbRGP5) между собой *in planta*. Полученные данные указывают на то, что NbRGP5 играет регуляторную и структурную роль в формировании гетероолигомерных функциональных комплексов с С1 NbRGP (NbRGP1 и NbRGP2).

Исследование выполнено в рамках государственного задания, тема № 125091010191-6.

РОЛЬ ДЕГИДРИНОВ РАЗЛИЧНОГО ТИПА В УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССУ

А. И. Катышев*, О. А. Федотова, И. В. Федосеева, А. В. Поморцев, Н. Е. Коротаева, Д. В. Пятрикас, Н. В. Дорофеев, О. И. Грабельных, Г. Б. Боровский

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**byacky78@mail.ru*

Ключевые слова: дегидрины, морозостойкость, озимая пшеница

THE ROLE OF DIFFERENT TYPES OF DEHYDRINS DURING LOW-TEMPERATURE EXPOSURE

A. I. Katyshev*, O. A. Fedotova, I. V. Fedoseeva, A. V. Pomortsev, N. E. Korotaeva, D. V. Pyatrikas, N. V. Dorofeev, O. I. Grabelnych, G. B. Borovskii

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: dehydrins, frost tolerance, winter wheat

Способность озимых культур, в том числе пшеницы *Triticum aestivum* L., выдерживать продолжительное воздействие отрицательных температур в зимний период достигается за счет комплексной реакции на изменение фотопериода и понижение температуры окружающей среды осенью, приводящей к холодовой акклиматизации растений. Среди многочисленных стрессовых генов, активирующихся во время адаптации к холоду, дегидрины являются одними из ключевых. Исследование содержания транскриптов генов и белков дегидринов различающихся по морозостойкости двух сортов озимой пшеницы при холодовой акклиматизации, последующем воздействии отрицательных температур и последующем раззакаливании показало, что дегидрины различного типа играют важную роль в устойчивости растений к действию низкотемпературного стресса. Динамика изменения транскриптов исследуемых генов и кодируемых ими белков при раззакаливании была разнонаправленной, вероятно, вследствие повышения стабильности соответствующих полипептидов. С различной морозостойкостью исследованных сортов пшеницы больше всего коррелировала экспрессия дегидринов семейства WCS120. В то же время показана важная роль кодирующих дегидрины YnSKm типа в устойчивости к пониженным температурам. Особенная функция белков этого типа, вероятно, связана с их регуляторной ролью, продемонстрированной при исследовании растений *Arabidopsis thaliana* с гетерологичной экспрессией гена *DHN38-A2* озимой пшеницы.

Исследование выполнено в рамках госзадания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации для Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (№ государственной регистрации 125021902487-9).

ПРИРОДНЫЕ И СИНТЕТИЧЕСКИЕ ТЕРПЕНОИДЫ ДЛЯ ПОТЕНЦИРОВАНИЯ И ДОСТАВКИ АНТИМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

А. Р. Каюмов [1]*, З. И. Исхакова [1], Р. Р. Сафина [1], И. Р. Гильфанов [1,2], Л. Е. Никитина [1,2], С. А. Лисовская [1,2,3], Г. Б. Гусева [4], Ю. В. Еремеева [4], Е. В. Антина [4]

[1] ФГАОУ ВО Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
[2] ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России, Казань, Россия
[3] ФБУН КНИИЭМ Роспотребнадзора, Казань, Россия
[4] ИХР РАН, Иваново, Россия

**kairatr@yandex.ru*

Ключевые слова: грибково-бактериальные консорциумы, терпеноиды, адъюванты, BODIPY, ФДТ

NATURAL AND SYNTHETIC TERPENOIDS FOR POTENTIATION AND DELIVERY OF ANTIMICROBIAL DRUGS

A. R. Kayumov [1]*, Z. I. Iskhakova [1], R. R. Safina [1], I. R. Gilfanov [1,2], L. E. Nikitina [1,2], S. A. Lisovskaya [1,2,3], G. B. Guseva [4], Yu. V. Eremeeva [4], E. V. Antina [4]

[1] Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation
[2] Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation
[3] Kazan Scientific Research Institute of Epidemiology and Microbiology, Kazan, Russian Federation
[4] ISC, Ivanovo, Russian Federation

Keywords: fungal-bacterial consortia, terpenoids, adjuvants, BODIPY, PDT

В последнее время все больше инфекционных заболеваний человека и животных так или иначе связано с образованием грибково-бактериальных консорциумов, вследствие межмикробных взаимодействий, проявляющих повышенную устойчивость к антимикробным препаратам и иммунной системе организма, а также характеризующихся повышенной вирулентностью членов сообщества. В работе проведена оценка способности галогенированных производных BODIPY люминофоров к эрадикации моно- и двувидовых сообществ *S. aureus* и *C. albicans*. Все соединения в условиях облучения при 530 нм при концентрациях 2–16 мкг/мл приводили к полной гибели клеток стафилококка в планктоне и в биопленке, однако были неэффективны в отношении биопленок кандиды. При этом более высокая активность наблюдалась для бром-производного. В отношении смешанных биопленок *S. aureus* и *C. albicans* наблюдалась частичная гибель клеток стафилококка. Коньюгация BODIPY с изоборнантиоэтанолом повысила способность соединений проникать в биопленки, однако повышения антимикробной активности не наблюдалось. Таким образом, бром-производные BODIPY люминофоров представляют интерес для фотодинамической терапии биопленок стафилококка. Их коньюгация с терпеноидами позволяет повысить скорость проникновения в биопленки, однако необходим подбор терпенового радикала для повышения антимикробной активности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ (№ 24-14-00194, https://rscf.ru/project/24-14-00194).

ВЛИЯНИЕ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН БРАССИНОСТЕРОИДАМИ В СОСТАВЕ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА В УСЛОВИЯХ СТРЕССА

К. Р. Кем

Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Беларусь

e-kem-666@mail.ru

Ключевые слова: брассиностероиды, лен-долгунец, водный дефицит, засуха

THE EFFECT OF SEED INCRUSION WITH BRASSINOSTEROIDS IN FILM-FORMING COMPOSITIONS ON THE GROWTH OF FIBER FLAX SEEDLINGS UNDER STRESS CONDITIONS

K. R. Kem

Institute of experimental botany of NAS of Belarus, Minsk, Belarus

Keywords: brassinosteroids, fiber flax, water stress deficit, drought stress

Существенной проблемой во время предпосевной обработки семян льна водосодержащими рабочими растворами является их ослизнение, приводящее к слипанию, что усложняет процесс подготовки семенного материала и осуществление посева. Для решения этой сложности нами был разработан пленкообразующий состав (ПС) на базе поливинилацетата (ПВА) и органического растворителя. Применение предложенной смеси в качестве основы для предпосевной обработки семян льна позволяет снять существующее ограничение. Целью данного исследования является оценка влияния брассиностероидов (БС) в качестве стресс-протекторных компонентов в смесях с поливинилацетатными ПС на морфометрические параметры проростков льна-долгунца (сорт Грант) в условиях стресса засухи.

В работе использованы БС, синтезированные в лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии НАН Беларуси. Для выращивания использовали пластиковые контейнеры с крышкой (0,5 л). Наполнение – песок кварцевый 150 г. Семена проращивали 7 сут при освещенности 23–26 клк (14 ч свет/10 ч темнота) и температуре 23±1 ºС. Стресс водного дефицита создавали с помощью полива 10%-ным раствором полиэтиленгликоля (ПЭГ). *Виды ПС:* 1) базовый (ПСб) – 40 г/л ПВА, 10%-ная уксусная кислота (УК), 40 г/л ТМТД, изопропанол; 2) комплексный (ПСк) – 40 г/л ПВА, 10 % УК, 40 г/л ТМТД, 0,36 г/л K_2HPO_4, 0,1 мл/л раствора микроэлементов (м/э) по Хатнеру, изопропанол. *Варианты обработок:* 1) контроль без обработки оптимальный (вода); 2) контроль без обработки (ПЭГ 10 %); 3) 10 % УК; 4) изопропанол; 5) ПСб + брассинолид (БЛ) $1 \cdot 10^{-6}$ М; 6) ПСб + эпибрассинолид (ЭБЛ) $2 \cdot 10^{-7}$ М; 7) ПСк + БЛ $1 \cdot 10^{-6}$ М; 8) ПСк + ЭБЛ $2 \cdot 10^{-7}$ М. Статистическую значимость анализировали с использованием ANOVA ($p \leq 0,05$). Лучшие показатели по всхожести семян (61,1 %; +23,9 % к контролю № 2) и длине надземной части проростка (42,5 мм; +39,7 к контролю № 2) показал вариант № 7 с комплексным ПС и брассинолидом, а по длине корневой системы – вариант № 8 с комплексным ПС и эпибрассинолидом (42,8 мм; +33,9 % к контролю № 2). Однако стоит отметить, что все варианты обработки с БС, как в смесях с базовым, так и с комплексным ПС, имели выраженное положительное влияние на рост проростков в условиях водного дефицита.

МИКРОБНАЯ КОНТАМИНАЦИЯ В КУЛЬТУРЕ ТКАНЕЙ *BETA VULGARIS* L.: ОТ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАТОГЕНОВ К ПРОТОКОЛАМ ПОДАВЛЕНИЯ

Е. О. Колесникова*, Р. В. Бердников, С. В. Пономарева

ООО «СоюзСемСвекла», п. ВНИИСС, Россия

**kolesnikovaeo@souzsemsvekla.ru*

Ключевые слова: контаминация, экспланты, *in vitro*, *Beta vulgaris* L., стерильность

MICROBIAL CONTAMINATION IN *BETA VULGARIS* L. TISSUE CULTURE: FROM PATHOGEN IDENTIFICATION TO SUPPRESSION PROTOCOLS

E. O. Kolesnikova*, R. V. Berdnikov, S. V. Ponomareva

LLC “SoyuzSemSvekla”, VNIISS settlement, Russian Federation

Keywords: contamination, explants, *in vitro*, *Beta vulgaris* L., sterility

Проблема микробной контаминации эксплантов *Beta vulgaris* L. при введении в культуру *in vitro* и последующем культивировании – один из ключевых факторов, влияющих на эффективность биотехнологических работ с этой культурой. Контаминация приводит к гибели эксплантов, искажает результаты экспериментов и усложняет процесс получения генетически стабильного и однородного растительного материала. Основную сложность представляет борьба с эндогенной контаминацией. Для сохранения ценных генотипов и решения проблем, связанных с контаминацией эксплантов *Beta vulgaris* L. при введении в культуру ткани в ООО «СоюзСемСвекла» активно применяют биотехнологии. Оптимизация методов культивирования *in vitro* позволила повысить качество растительного материала и масштабировать его производство.

В ходе проведенных исследований была выполнена комплексная идентификация бактериальных и грибковых патогенов, загрязняющих растительный материал. Среди бактерий выявлены представители родов *Bacillus, Pseudomonas* и *Agrobacterium*; грибковая микрофлора представлена родами *Alternaria, Fusarium* и *Penicillium*. Эти микроорганизмы отличаются высокой адаптивностью и способностью колонизировать растительные ткани, что делает их опасными для культур *in vitro*.

Установлено, что основной источник загрязнения эндогенные микроорганизмы, выживающие после стандартных процедур. Для подавления контаминации был разработан двухэтапный протокол: сначала проводилась поверхностная стерилизация эксплантов с использованием оптимизированных концентраций антисептиков, затем применялось культивирование на питательных средах с добавлением антибактериальных веществ широкого спектра действия. Использование этого протокола позволило получить до 80 % стерильных эксплантов, сохранив их морфогенетический потенциал (способность к образованию побегов и корней). Модифицированная питательная среда эффективно подавляла рост микрофлоры без негативного влияния на жизнеспособность клеток. Таким образом, были идентифицированы основные патогены, установлены источники загрязнения и разработан эффективный протокол подавления микробной контаминации. Полученные результаты станут основой для создания индивидуальных протоколов работы с растительным материалом сахарной свеклы с учетом генотипа и микробиома растения.

МЕТАБОЛИЧЕСКИЙ ОТВЕТ *MARCHANTIA POLYMORPHA* L. НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ СТРЕСС В МОДЕЛИ *IN VITRO*

М. К. Колупаева*, А. Ю. Белышенко, Д. Н. Гуришева, М. М. Моргунова, Д. В. Аксёнов-Грибанов

ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия

**milenakolup@gmail.com*

Ключевые слова: *in vitro*, *Marchantia polymorpha*, температурный стресс

METABOLIC RESPONSE OF *MARCHANTIA POLYMORPHA* L. TO TEMPERATURE STRESS IN AN *IN VITRO* MODEL

M. K. Kolupaeva*, A. Yu. Belyshenko, D. N. Gurisheva, M. M. Morgunova, D. V. Axenov-Gribanov

ISU, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: *in vitro*, *Marchantia polymorpha*, temperature stress

Температурный стресс нарушает метаболический гомеостаз растений, приводит к ингибированию фотосинтеза, окислительному стрессу и дестабилизации мембран. Печеночник *Marchantia polymorpha* L. – удобная модель для изучения стрессовых ответов благодаря гаплоидному геному, простоте культивирования *in vitro* и чувствительности к температурам, однако комплексные метаболические изменения при действии температуры изучены недостаточно. Цель работы – выявить особенности метаболического ответа *M. polymorpha* на температурный стресс в модели *in vitro*.

В исследовании использовали *M. polymorpha*, введённую в культуру *in vitro*. Эксперимент включал три группы (n = 18): контроль (22–24 ºС), холодовой стресс (2–4 ºС) и тепловой стресс (28–30 ºС), при этом освещение (LED-лампы красно-синего спектра, PPFD 50 мкмоль·м$^{-2}$·с$^{-1}$, фотопериод 16/8 ч) и влажность (50–70 %) были одинаковы для всех групп. Образцы экстрагировали 70 % метанолом, силилировали и анализировали методом ГХ-МС. Спектры полученных соединений идентифицировали с помощью базы данных NIST20. Статистику осуществляли в MetaboAnalyst 6.0.

Длительное воздействие как низких, так и высоких температур вызвало подавление ключевых метаболических путей. Выявлено 7 метаболитов, достоверно снижающихся при обоих типах стресса ($p < 0{,}05$): пальмитиновая, молочная, глицериновая, яблочная, фумаровая, 2-аминомалоновая кислоты и глицин. Данный факт указывает на ингибирование цикла трикарбоновых кислот, гликолиза и фотодыхания. При холодовом стрессе отмечено накопление глицерил-гликозида, при тепловом – арбутина (антиоксиданта) и дитерпенового спирта склареола.

Таким образом, температурный стресс вызывает у *M. polymorpha* подавление центральных метаболических путей и активацию синтеза защитных соединений. Полученные данные расширяют представления механизмов адаптации бриофитов и могут быть использованы для биотехнологического получения ценных метаболитов.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России, проект FZZE-2024-0003.

ВЛИЯНИЕ НОНСЕНС-ОБУСЛОВЛЕННОГО РАСПАДА РНК НА РАЗВИТИЕ ИНФЕКЦИИ ВИРУСА ТАБАЧНОЙ МОЗАИКИ

Т. В. Комарова [1,2]*, Е. В. Шешукова [2], Н. М. Ершова [2], К. А. Камарова [2]

[1] ФГБОУ ВО МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
[2] ИОГен РАН, Москва, Россия

t.komarova@vigg.ru

Ключевые слова: вирус табачной мозаики, нонсенс-обусловленный распад, NMD, полицистронная мРНК

EFFECT OF NONSENSE-MEDIATED RNA DECAY ON THE DEVELOPMENT OF TOBACCO MOSAIC VIRUS INFECTION

T. V. Komarova [1,2]*, E. V. Sheshukova [1], N. M. Ershova [1], K. A. Kamarova [1]

[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
[2] VIGG RAS, Moscow, Russian Federation

Keywords: tobacco mosaic virus, nonsense-mediated decay, NMD, polycistronic mRNA

Нонсенс-обусловленный распад (NMD) РНК является одним из механизмов контроля качества мРНК в клетке. Он направлен на выявление и деградацию аберрантных мРНК, содержащих преждевременный стоп-кодон. Считается, что полицистронные РНК большинства вирусов растений «по умолчанию» являются мишенью NMD. Однако показано, что некоторые вирусы растений способны избегать NMD. Тем не менее, вопрос чувствительности РНК-вирусов растений к NMD остается малоизученным. Геном вируса табачной мозаики (ВТМ) представляет собой полицистронную (+)РНК, которая является матричной для трансляции двух 5'-терминальных рамок считывания, кодирующих белки репликативного комплекса. Для синтеза транспортного белка (ТБ) и белка оболочки (БО) вирус использует 3'-котерминальные субгеномные РНК (сгРНК). Таким образом, геномная РНК ВТМ и бицистронная сгРНК (кодирующая ТБ и БО) могут рассматриваться как потенциальные мишени NMD. Цель работы: установить, является ли ВТМ мишенью NMD. Для проверки этой гипотезы использовали генноинженерные конструкции, кодирующие белок UPF1 (RNA helicase Up-Frameshift 1) *A. thaliana*, являющийся одним из ключевых компонентов NMD, а также UPF1DN, представляющий собой доминантно-негативный мутант, который при суперпродукции способен подавлять NMD в растениях. Ко-экспрессия вирусного вектора ВТМ:GFP (содержащего вместо гена *БО* ген *GFP*) и *UPF1* в листьях *Nicotiana benthamiana* приводит к 2–3-кратному снижению как уровня флуоресценции GFP, так и содержания РНК вируса, включающих ген *ТБ* и/или *GFP*. Однако при этом ко-экспрессия ВТМ:GFP и *UPF1DN* не вызывает повышения (по сравнению с контролем) эффективности накопления ни GFP, ни соответствующих РНК. Отсутствие эффекта ко-экспрессии с *UPF1DN* указывает на то, что, ВТМ способен «преодолевать» базовый уровень NMD в клетке. Вместе с тем суперэкспрессия *UPF1* приводит к подавлению уровня репродукции вируса. Таким образом, ВТМ, по-видимому, является мишенью NMD, но успешно «обходит» этот механизм защиты клетки.

Исследование выполнено в рамках госзадания (№ 123063000010-2 и № 125091010191-6).

АДАПТАЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ *JUNIPERUS FOETIDISSIMA* WILLD. В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЫ АРЕАЛА

О. О. Коренькова
НИУ МГСУ, Москва, Россия
o.o.korenkova@mail.ru

Ключевые слова: адаптация, Горный Крым, семена, *Juniperus foetidissima*

ADAPTATION STRATEGIES OF *JUNIPERUS FOETIDISSIMA* WILLD. IN THE CONDITIONS OF THE NORTHERN BORDER OF THE RANGE

O. O. Korenkova
MGSU, Moscow, Russian Federation
o.o.korenkova@mail.ru

Keywords: adaptation, Mountain Crimea, seeds, *Juniperus foetidissima*

Juniperus foetidissima – типичный средиземноморский мезофанерофит, северная граница ареала которого проходит в Горном Крыму (площадь популяции всего 51,6 га). Вид включен в Красную книгу Республики Крым в статусе – находящийся под угрозой исчезновения. Развитие генеративной сферы в значительной степени определяет устойчивость популяций растений. Высокая наследственная обусловленность является характерной для этого типа органов растений, что позволяет установить особенности популяционного развития вида и выявить его адаптивные механизмы.

В Горном Крыму установлена морфологическая особенность семян *J. foetidissima*. Толщина семенной кожуры здесь может достигать 2,8 мм, что в свою очередь, составляет больше трети ширины самого семени. Минимальная толщина оболочки семени – 1,3 мм, при общей его ширине 4,1 мм, что составляет более 30 %.

Значительная толщина кожуры семян *J. foetidissima* в первую очередь связана, с экологическими условиями мест произрастания. Известно, что *J. foetidissima* является наиболее морозоустойчивым в сравнении с другими древовидными можжевельниками Крыма. Среди механизмов адаптации растений к значительным понижениям температуры выделяют утолщение поверхностных слоев различных типов, что и можно наблюдать у семенной кожуры *J. foetidissima*. При этом данная адаптационная особенность вида приводит к крайне низкому уровню семенного возобновления популяции (в популяции отмечены лишь единичные особи подроста). При отсутствии скарификации семян, опавшие шишкоягоды *J. foetidissima* с течением времени разлагаются. Еще до разрушения оболочки семени наступает гибель зародыша.

Таким образом, при общей низкой доли выполненных семян *J. foetidissima* и отсутствии внешнего воздействия (скарификации, стратификации) на семена, существует высокий риск сокращения площади популяции в силу отсутствия естественного возобновления.

Основная публикация автора по тематике доклада:

Коренькова О. О. Особенности анатомического строения хвои Juniperus foetidissima Willd. в условиях Крымского полуострова // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 3. С. 69–74. doi:10.55355/snv2023123109

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГОРМОНОВ И ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ТКАНЯХ КАК ВАЖНЫЙ МЕХАНИЗМ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ЗАСОЛЕНИЮ

А. В. Коробова*, А. О. Севостьянова, Г. Р. Ахиярова, Г. Р. Кудоярова

УИБ УФИЦ РАН, Уфа, Россия

**muksin@mail.ru*

Ключевые слова: *Arabidopsis thaliana*, АБК, ИУК, натрий-хлоридное засоление, этилен

HORMONE INTERACTION AND THEIR DISTRIBUTION IN TISSUES AS AN IMPORTANT MECHANISM OF PLANT RESISTANCE TO SALINITY

A. V. Korobova*, A. O. Sevostyanova, G. R. Akhiyarova, G. R. Kudoyarova

UIB UFRC RAS, Ufa, Russian Federation

Keywords: *Arabidopsis thaliana*, ABA, ethylene, IAA, sodium chloride salinization

Засоление почв – глобальная проблема, приводящая к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Этилен рассматривается как «мастер-регулятор» солеустойчивости, однако механизмы его взаимодействия с другими фитогормонами остаются недостаточно изученными.

Растения арабидопсиса родительского экотипа Columbia (Col) и нечувствительные к этилену мутанты *etr1-1* подвергали засолению (150 мМ NaCl в 10%-ном растворе Хогланда-Арнона) ежедневно в течение 3 ч. В конце третьей экспозиции на соли ткани побегов и корней фиксировали в 80%-ном этаноле для последующего иммуноанализа и в карбодиимиде – для иммунолокализации. На 4-е сутки измеряли показатели роста.

У растений Col под влиянием засоления выявлено накопление ИУК и АБК в побегах, а также снижение устьичной проводимости, что обеспечивало поддержание оводненности тканей. У мутанта *etr1-1* уровень ИУК и АБК в листьях не изменялся, устьица оставались открытыми, оводненность побегов падала. У Col зарегистрировано повышение содержания зеатина в листьях и его снижение в корнях, что указывает на перераспределение гормона в пользу побегов. Содержание хлорофилла у *etr1-1* снижалось на 30 % (против 17 % у Col), что свидетельствует о большей уязвимости фотосинтетического аппарата при нарушении этиленового сигналинга. У Col засоление приводило к относительному торможению роста корней при сохранении массы побега. У *etr1-1* наблюдалось снижение массы побега на 25 % при меньшем ингибировании роста корней, что указывает на нарушение адаптивного перераспределения ресурсов.

Способность этилена повышать солеустойчивость растений может быть опосредована его влиянием на перераспределение ауксинов: накопление ИУК в побегах защищает от оксидативного стресса и поддерживает рост, а снижение ИУК в корнях ограничивает ветвление и поступление токсичных ионов. Этилен-зависимое накопление АБК в листьях обеспечивает адаптивную регуляцию устьичной проводимости и поддержание водного баланса при засолении. Нарушение рецепции этилена блокирует скоординированную гормональную перестройку, что приводит к снижению фотосинтетической активности, потере оводненности и торможению роста побегов. Таким образом, взаимодействие этилена с ауксинами, АБК и цитокининами представляет собой ключевой механизм системной адаптации растений к засолению.

Исследование выполнено при поддержке РНФ (№ 25-24-00499).

ДИВЕРСИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ СОЛЕВЫВЕДЕНИЯ У ГАЛОФИТНЫХ ЗЛАКОВ (POACEAE)

Н. К. Котеева*, Е. В. Вознесенская, Т. А. Борисенко

БИН РАН, Санкт-Петербург, Россия

**nkoteyeva@binran.ru*

Ключевые слова: галофиты, злаки, солевыведение, солеустойчивость, эволюция

DIVERSIFICATION OF THE SALT EXCRETION SYSTEM IN HALOPHYTIC GRASSES (POACEAE)

N. K. Koteyeva*, E. V. Voznesenskaya, T. A. Borisenko

Komarov Botanical Institute, St. Petersburg, Russian Federation

Keywords: evolution, grasses, halophytes, salt excretion, salt tolerance

Глобальное засоление орошаемых земель приводит к потерям урожая и снижению биоразнообразия. Галофиты выступают ценным генетическим ресурсом: их можно использовать как альтернативные агрокультуры, сырье для биотоплива и инструмент фиторемедиации нарушенных территорий. Солеустойчивость галофитов обеспечивается комплексом физиологических и анатомических адаптаций, минимизирующих осмотический стресс и ионную токсичность. В частности, поддержание ионного гомеостаза достигается за счет контроля поглощения, транспорта и вывода ионов из цитозоля. Эффективный механизм снижения токсичности – экскреция ионов Na^+ и Cl^- на поверхность листа солевыводящими структурами.

Солевыделение возникало в ходе эволюции независимо несколько раз у филогенетически отдаленных групп растений, что обусловило структурное разнообразие железок. Для двудольных характерны разнообразные типы многоклеточных солевых железок, а для злаков – двухклеточные железки. Исключением является *Oryza coarctata* – единственный известный солеустойчивый вид риса, у которого выделение солей происходит через одноклеточные структуры. Целью доклада является анализ структурной вариабельности солевыделительных систем представителей сем. Poaceae.

Двухклеточные трихомы встречаются во всех подсемействах злаков, за исключением Pooideae. Тем не менее, только в подсемействе Chloridoideae и у одного вида Oryzoideae известны виды со специализированными трихомами, функционирующими как солевые железки. На сегодняшний день известно около 40 видов злаков, способных к экскреции солей. В разных филогенетических линиях выделены три основных структурных типа. Первый из них – самый распространенный – служит ярким примером конвергентной эволюции, поскольку независимо возникал несколько раз с незначительными вариациями строения. Второй тип (спартина-тип), судя по анализу филогенетического положения секции *Spartina* рода *Sporobolus*, представляет собой реверсию функции солевыделения. Третий тип обнаружен только у одного вида, *Oryza coarctata*, и характеризуется уникальной структурой; анализ развития железок показал эволюционную связь с двухклеточными трихомами оризоидного типа. Оценка структурной диверсификации функции солевыведения у злаков позволяет выявить особенности становления и эволюционные преобразования в конкретных филогенетических линиях злаков, включая рисы.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ МЕХАНИЗМОВ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ПРИМЕРЕ *VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP.

Е. А. Крылова* Р. Т. Исламова, М. О. Бурляева, Т. В. Шеленга, Е. К. Хлесткина

ВИР, Санкт-Петербург, Россия

**e.krylova@vir.nw.ru*

Ключевые слова: вигна, влажность воздуха, метаболомный анализ, транскриптомный анализ

AN INTEGRATED APPROACH TO THE ANALYSIS OF MECHANISMS OF PLANT ADAPTATION IN CONDITIONS OF HIGH RELATIVE HUMIDITY BY EXAMPLE OF *VIGNA UNGUICULATA* (L.) WALP.

E. A. Krylova*, R. T. Islamova, M. O. Burlyaeva, T. V. Shelenga, E. K. Khlestkina

VIR, Saint-Petersburg, Russian Federation

Keywords: cowpea, metabolite accumulation, relative humidity, transcriptomics

В ходе роста растение подвержено влиянию комплекса различных факторов, одним из которых является повышенная влажность воздуха. Вигна китайская (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) принадлежит к семейству Бобовые, играет значимую роль в мировом сельском хозяйстве. В РФ вигна успешно возделывается в открытом грунте в разных климатических зонах, в том числе в условиях муссонного климата на юге Приморья. Целью исследования было выявить основные механизмы, определяющие реакцию вигны в условиях повышенной влажности воздуха. Материалом для исследования послужили образцы, отличающиеся по признаку тип роста стебля, из коллекции ВИР. При возделывании вигны при повышенной влажности и большом количестве осадков происходило значительное увеличение длины стебля, менялась архитектоника растений, а в некоторых случаях даже тип роста главного стебля. Только к-2056 сохранял детерминантный тип роста независимо от условий. По результатам сравнительного RNA-seq анализа выявлены дифференциально экспрессирующиеся гены. ДЭГ, связанные с метаболизмом и сигналингом жасмоновой кислоты, вносили выраженный вклад в поддержание стабильности типа роста вигны в условиях повышенной влажности. Результаты метаболомного анализа с помощью газожидкостной хроматографии с масс-спектрометрией в метанольных экстрактах, прошедших этап силилирования, показали, что в зависимости от влажности воздуха наблюдается генотип-специфическое изменение содержания предшественников жасмоновой кислоты. По результатам оценки уровня экспрессии ключевых генов, участвующих в сигналинге жасмоновой кислоты (*COI1*, *JAZ*, *NINJA*), также была детектирована индивидуальная реакция генотипов в разных условиях по степени увлажненности воздуха. Необходим дальнейший поиск важнейших метаболитов, содержание которых меняется в условиях повышенной влажности. Кроме этого, для расширения представления о механизмах адаптации растений к условиям избыточного увлажнения требуется продолжить анализ ключевых генов, в первую очередь задействованных в путях сигнальной трансдукции.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках государственного задания согласно тематическим планам ВИР по проекту № FGEM-2022-0002.

УЧАСТИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ В ПОВЫШЕНИИ УСТОЙЧИВОСТИ СОИ К БИОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ, ВЫЗВАННОМУ ДЕЙСТВИЕМ ЦЕРКОСПОРОЗА

В. А. Кузнецова [1]*, М. П. Разгонова [1], А. А. Блинова [2]

[1] ВИР, Дальневосточная опытная станция – филиал ВИР, Владивосток, Россия
[2] ФГБОУ ВО «БГПУ», Благовещенск, Россия

**kuzvika3385@yandex.ru*

Ключевые слова: биотический стресс, малоновый диальдегид, растительные экстракты, оксидоредуктазы, церкоспороз, *Glycine max*

THE INVOLVEMENT OF PLANT EXTRACTS IN INCREASING RESISTANCE OF SOYBEANS TO BIOTIC STRESS CAUSED BY *CERCOSPORA SOJINA HARA*

V. A. Kuznetsova [1]*, M. P. Razgonova [1], A. A. Blinova [2]

[1] VIR, Far East Experiment Station – branch of VIR, Vladivostok, Russian Federation
[2] BSPU, Blagoveshchensk, Russian Federation

Keywords: biotic stress, malondialdehyde, plant extracts, oxidoreductases, *Cercospora sojina Hara*, *Glycine max*

Возрастает значение экологически безопасных способов защиты растений для снижения вредоносности болезней, повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции. В то же время клетка растения содержит собственную защитную систему от стрессовых воздействий, включающую антиоксиданты. Материалом для исследований являлись семена сои (*Glycine max*) сорта Лидия, инфицированные церкоспорозом. Зараженные семена проращивали в присутствии исследуемых экстрактов с высоким содержанием антибактериальных веществ (чаги, полыни, крапивы, коры лиственницы, ромашки и дуба) в течение 10 сут при +25 ºС. Полученные данные показали, что растительные экстракты являются эффективными модуляторами устойчивости сои к биотическому стрессу, вызванному церкоспорозом. Механизм защитного действия связан с активацией оксидоредуктаз, накоплением витаминов и изофлавонов, а также стабилизацией пигментного комплекса. Полученные данные обосновывают целесообразность применения исследованных экстрактов в качестве экологически безопасных средств предпосевной обработки семян сои.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного проекта № FGEM-2022-0002 «Выявление возможностей генофонда бобовых культур для оптимизации их селекции и диверсификации использования в различных отраслях народного хозяйства».

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Влияние экстракора и эколарикса на активность пероксидаз, полифенолоксидаз и супероксиддисмутаз проростков сои, пораженных комплексом болезней / В. А. Кузнецова, Л. Е. Иваченко, А. А. Блинова, Е. А. Семёнова // Естественные и технические науки. 2019. № 11 (137). С. 60–63. DOI: 10.25633/ETN.2019.11.04

ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФИЗМОВ ФАКТОРОВ МУЛЬТИСЕМЕЙСТВА EIF4E *NICOTIANA TABACUM* НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С БЕЛКОМ VPG ВИРУСА Y КАРТОФЕЛЯ

А. С. Кутукова [1]*, В. В. Никаноркина [2], Луиса Криолло Дельгадо [3], М. В. Лебедева [2], В. В. Таранов [2]

[1] АНОО ВО «Университет «Сириус», ФТ Сириус, Россия
[2] ФГБНУ ВНИИСБ, Москва, Россия
[3] Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

askutukova@gmail.com

Ключевые слова: eIF4E, *Nicotiana tabacum*, VPg, вирус картофеля Y, устойчивость растений

IMPACT OF POLYMORPHISMS IN THE *NICOTIANA TABACUM* EIF4E MULTIGENE FAMILY ON INTERACTION WITH THE VPG OF POTATO VIRUS Y

A. S. Kutukova [1]*, V. V. Nikanorkina [2], Luisa Criollo Delgado [3], M. V. Lebedeva [2], V. V. Taranov [2]

[1] Sirius University, Sirius Federal territory, Russian Federation
[2] ARRIAB, Moscow, Russian Federation
[3] Skolkovo Institute of Science and Technology

Keywords: eIF4E, *Nicotiana tabacum*, Potato virus Y, plant resistance, VPg

Вирус картофеля Y (PVY) – экономически значимый потивирус пасленовых, к 5′-концу которого ковалентно присоединен белок VPg, функционально имитирующий кэп-структуру мРНК растения, благодаря чему патоген рекрутирует факторы инициации трансляции (eIF4E) хозяина и реплицируется в инфицированной клетке. Мутации в факторе ведут к нарушению этого взаимодействия и обретению рецессивной устойчивости растений. Табак (*Nicotiana tabacum*) – аллотетраплоид, унаследовавший геном от двух предков (S- и T-геномы), содержащий несколько гомологов eIF4E, что в сочетании с их восприимчивостью к штаммам N и O вируса, делает его удобной моделью для изучения взаимодействия VPg с eIF4E.

Ключевыми факторами восприимчивости табака к PVY являются первый фактор инициации трансляции из S-генома (eIF4E1-S60) и изоформа фактора eIF(iso)4E-T42 из T-генома, с которыми взаимодействует VPg. Дрожжевой двугибридный анализ (Y2H) показал, что eIF4E1-S60 взаимодействует со всеми вариантами VPg, тогда как eIF(iso)4E-T42 вовлекается при наличии мутаций в вирусном белке. При этом VPg избирательно взаимодействует с указанными факторами, не вовлекая первые факторы инициации трансляции из T-генома, несмотря на их высокую гомологию с eIF4E1-S60.

Для изучения специфичности взаимодействия были сконструированы химерные варианты eIF4E1 табака и проанализированы методом Y2H, что позволило выявить важные для взаимодействия с вирусным белком регионы первых факторов инициации трансляции табака, определяющих формирование комплекса VPg–eIF4E1 и потенциально вовлеченные в устойчивость к PVY.

ОЦЕНКА *GLYCINE MAX* И *GLYCINE SOJA* К ВЛИЯНИЮ СОЛЕЙ БИОГЕННЫХ МЕТАЛЛОВ С УЧАСТИЕМ КАТАЛАЗ

С. И. Лаврентьева*, Л. Е. Иваченко

ФГБОУ ВО БГПУ, Благовещенск, Россия

**lana.lavrenteva.1984@mail.ru*

Ключевые слова: *Glycine max* (L.) *Merrill, Glycine soja Sieb. & Zucc.*, каталазная активность, биогенные металлы, биохимическая адаптация

EVALUATION OF GLYCINE MAX AND GLYCINE SOJA TO THE INFLUENCE OF BIOGENIC METAL SALTS WITH THE PARTICIPATION OF CATALASES

S. I. Lavrent'yeva*, L. E. Ivachenko

BSPU, Blagoveshchensk, Russian Federation

Keywords: *Glycine max* (L.) *Merrill, Glycine soja Sieb. & Zucc.*, catalase activity, biogenic metals, biochemical adaptation

Загрязнение окружающей среды, вызванное антропогенной деятельностью, привело к увеличению загрязнения сельскохозяйственных земель сульфатами меди и цинка, вредными, в концентрациях выше ПДК, для здоровья растений и человека. Увеличение накопления металлов в почве может вызвать конкуренцию между металлами и необходимыми питательными веществами за поглощение растениями и, следовательно, привести к развитию окислительного стресса. Растения сои обладают тонкой системой защитных механизмов. Предполагаем, что влияние биогенных металлов в повышенных концентрациях на рост сои в целом можно проследить через изменение активности каталаз (КФ 1.11.1.6). Мы изучили реакцию стресса *Glycine max* (сорт Гармония) и *Glycine soja* (форма КА-1344), полученные из ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, при воздействии сульфата меди и сульфата цинка в концентрациях ПДК и 2ПДК, выращенных в течение 1, 3, 5 и 7 дней, определили различные границы устойчивости и наблюдали различия в биохимической адаптации, в частности в каталазной активности. Показано, что сульфаты цинка и меди в максимально допустимой концентрации и в два раза превышающей максимально допустимую концентрацию влияли на удельную активность и множественные формы каталаз *Glycine max* и *Glycine soja*. Проростки *Glycine soja* обладали более высокой активностью каталаз по сравнению с проростками *Glycine max*, что свидетельствует о повышенном адаптивном потенциале дикой сои. Установлено, что резистентность *Glycine max* во время интоксикации зафиксирована на 3 день, тогда как для *Glycine soja* пределы выносливости варьируются в зависимости от типа токсиканта и его концентрации.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Lavrent'yeva S. I. Ribonucleases activity of Glycine Max and Glycine soja as a marker adaptation tocopper sulphate and zinc sulphate toxicity // Biochemical Systematics and Ecology. 2019. Vol. 83. P. 66–70. DOI: 10.1016/j.bse.2019.01.007

ПЕРЕЖАТЬ И ПЕРЕСТРОИТЬ: МОДИФИКАЦИЯ МЕМБРАН ЭПР КАК ЖИЗНЕННАЯ СТРАТЕГИЯ ВИРУСОВ РАСТЕНИЙ

Е. А. Лазарева [1]*, А. К. Атабекова [1], А. А. Лезжов [1], Д. А. Чергинцев [1], М. Хейнлайн [2], С. Ю. Морозов [1], А. Г. Соловьев [1]

[1] НИИ ФХБ им. А. Н. Белозерского, МГУ, Москва, Россия
[2] IBMP-CNRS, университет Страсбурга, Страсбург, Франция

**lazareva-katrina@mail.ru*

Ключевые слова: вирусы растений, плазмодесма, ретикулоны, ЭПР

CONSTRICTIONS AND REMODELING: ER MEMBRANE MODIFICATION AS A LIFE STRATEGY OF PLANT VIRUSES

E. A. Lazareva [1], A. K. Atabekova [1], A. A. Lezzhov [1], D. A. Chergintsev [1], S. Y. Morozov [1], M. Heinlein [2], A. G. Solovyev [1]

[1] A. N. Belozersky Research Institute, MSU, Moscow, Russian Federation
[2] IBMP-CNRS, University of Strasbourg, Strasbourg, France

Keywords: plant viruses, plasmodesmata, reticulon, ER

Заражая растение, вирусы манипулируют белками клетки и эндомембранами, обеспечивая эффективное накопление дочерних геномов в вирусных репликативных комплексах (ВРК) и свой быстрый транспорт сквозь модифицированные микроканалы плазмодесм (ПД) в здоровые клетки. Эти процессы тесно сопряжены, а их механизмы остаются малоизученными. Вирусы с геномной + РНК, составляющие наиболее многочисленную группу вирусов растений, формируют ВРК в основном за счет перестройки мембран ЭПР. В фокусе нашей работы было изучение роли транспортного белка BMB2 вируса зеленой пятнистости гибискуса (HGSV) в модификации ПД и ЭПР.

Использованы методы генной инженерии, временная экспрессия белков в растении, ряд микроскопических подходов: конфокальная микроскопия, включая режим сверхвысокого разрешения AiryScan, методы FRAP, BiFC и электронная томография.

Показано, что BMB2, интегральный белок мембран ЭПР, модифицирует трубочки ЭПР, пережимая их и снижая мобильность содержимого люмена. Эти типично для белков клетки ретикулонов, обеспечивающих формирование трубочек ЭПР за счет увеличения кривизны мембран. Показано, что BMB2, будучи не гомологичным ретикулонам по аминокислотной последовательности, тем не менее, обладает такой же W-подобной топологией в мембране, как и ретикулоны. BMB2 демонстрирует направленный транспорт к ПД и увеличивает их пропускную способность, что коррелирует со способностью BMB2 пережимать трубочки ЭПР.

В то же время BMB2 рекруитирует мембраны ЭПР, формируя мембранные тельца, заякоренные у ПД. Методом электронной томографии получена 3D-модель фрагмента тельца. Показано, что тельца представляют собой сконденсированную систему из мембран, подавляющее большинство из которых извилистые цистерны. Мы предполагаем, что благодаря ретикулон-подобным свойствам белок вируса BMB2 создает избыточную кривизну мембран ЭПР, что способствует увеличению пропускной способности ПД и определяют формирование ВРК.

ДИНАМИКА УРОВНЯ АТФ В ЦИТОПЛАЗМЕ И МИТОХОНДРИЯХ ДРОЖЖЕЙ В ОТВЕТ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ДЕПРИВАЦИЮ

А. С. Лапашина [1,2]*, К. В. Галкина [2], О. В. Маркова [2], Д. А. Кнорре [2], Б. А. Фенюк [1,2]

[1] Центральный университет, Москва, Россия
[2] НИИ ФХБ имени А. Н. Белозерского МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
a.lapashina@cu.ru

Ключевые слова: АТФ, митохондрии, FRET-сенсоры, *Saccharomyces cerevisiae*

DYNAMICS OF ATP LEVELS IN THE CYTOPLASM AND MITOCHONDRIA OF YEAST IN RESPONSE TO ENERGY DEPRIVATION

A. S. Lapashina [1,2]*, K. V. Galkina [2], O. V. Markova [2], D. A. Knorre [2], B. A. Feniouk [1,2]

[1] Central University, Moscow, Russian Federation
[2] Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Keywords: ATP, mitochondria, FRET-based sensors, *Saccharomyces cerevisiae*

Аденозин-5'-трифосфат (АТФ) служит универсальной энергетической валютой во всех живых клетках. У пекарских дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* АТФ образуется либо в цитозоле в ходе гликолиза, либо в матриксе митохондрий путем окислительного фосфорилирования. Несмотря на то что пути биосинтеза АТФ хорошо изучены, а его ключевая роль в клеточной энергетике не вызывает вопросов, динамика его концентрации в цитозоле и в особенности в митохондриальном матриксе до сих пор исследована недостаточно.

В ходе этой работы мы наблюдали за динамикой уровня АТФ в живых клетках *S. cerevisiae* с помощью генетически кодируемых FRET-сенсоров на основе флуоресцентных белков (yATeam) с цитозольной или митохондриальной локализацией. Мы исследовали, как цитозольный и митохондриальный пулы АТФ реагируют на добавление субстратов и ингибиторов гликолиза и окислительного фосфорилирования, а также разобщителей дыхания и окислительного фосфорилирования – веществ, рассеивающих трансмембранный градиент протонов.

Мы обнаружили, что в клетках дрожжей дикого типа добавление глюкозы не вызывает изменения уровня АТФ в цитозоле, тогда как содержание АТФ в митохондриальном матриксе значительно возрастает. Кроме того, последующее добавление разобщителей неожиданно приводило к дальнейшему росту концентрации АТФ в митохондриях. Вместе с тем, у штамма, лишенного АТФ/АДФ-транслокатора, наблюдалась обратная картина: после добавления глюкозы уровень АТФ в цитозоле увеличивался, а концентрация АТФ в матриксе митохондрий оставалась неизменной, в том числе после добавки разобщителей. Полученные результаты свидетельствуют о высокой стабильности цитозольного пула АТФ и показывают, что обмен АТФ и АДФ между цитозолем и митохондриальным матриксом играет ключевую роль в поддержании этой стабильности. У клеток *rho*^{0}, лишенных митохондриальной ДНК, как цитозольный, так и митохондриальный пулы АТФ демонстрировали более выраженную реакцию на исследованные соединения, что подтверждает роль функционально активных митохондрий в стабилизации уровня АТФ в цитозоле.

СИСТЕМНОЕ ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ В РАСТЕНИЯХ КАРТОФЕЛЯ *IN VITRO* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ К НЕКРОТРОФНОМУ И БИОТРОФНОМУ ПАТОГЕНАМ

Л. А. Ломоватская*, А. М. Гончарова
СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
**lidal@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: супероксиддисмутаза, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, *Pectobacterium atrosepticum*

SYSTEMIC CHANGES IN SUPEROXIDE DISMUTASE ACTIVITY IN POTATO PLANTS IN VITRO DEPENDING ON THEIR RESISTANCE TO NECROTROPHIC AND BIOTROPHIC PATHOGENS

L. A. Lomovatskaya*, A. M. Goncharova
SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: superoxidedismutase, *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*, *Pectobacterium atrosepticum*

Известно, что супероксиддисмутаза (СОД) играет важную роль в защите растительных клеток при патогенных атаках. Однако мало известно об ее участии в системном ответе растений на биотический стресс. Целью настоящего исследования было изучить системное изменение активности СОД из растений сортов картофеля *in vitro,* отличающихся по устойчивости к бактериальным патогенам.

В работе использовали культуры фитопатогенов: некротроф *Pectobacterium atrosepticum (Pca),* штам 22 и биотроф *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus (Cms)*, штамм 6889. Растения картофеля *in vitro* сорта Луговской (устойчивый к обоим видам патогенов), а также сорта Лукъяновский (восприимчивый) выращивали на среде Мурасиге-Скуга до длины 8–10 см. Инфицирование растений осуществляли введением суспензии бактерий уколом (100 мкл) в нижнюю часть растений, титр бактерий $12 \cdot 10^8$ КОЕ/мл. Активность СОД определяли в нижней (5–7 см вверх от корня) и в верхней части растений (1,5–2 см от верхушки) методом с использованием нитросинего тетразолия в реакции автоокисления адреналина. Контролем служили неинокулированные растения и растения, в которые вводили чистую среду роста бактерий.

Результаты показали, что введение чистой среды роста бактерий в нижнюю часть стебля растений не влияло на активность фермента. Инфицирование растений некротрофом *Pca* 22 или биотрофом *Cms* 6889 вызывало изменения активности СОД уже через 1 мин, и далее через 15 мин, 120 мин и 24 ч. При инфицировании *Pca* у растений устойчивого сорта наблюдали почти одинаковое уменьшение активности СОД в нижней и верхней частях стебля, тогда как у растений восприимчивого сорта в нижней части активность всех форм СОД значительно превышала контроль и была намного выше, чем в верхней части. При инокуляции *Cms* у растений устойчивого сорта активность СОД равномерно возрастала в обеих частях стебля, тогда как у растений восприимчивого сорта была ниже контроля. Таким образом, возникающая системная модуляция активности СОД в растениях картофеля *in vitro* зависит от устойчивости сорта и пищевой специализации фитопатогена.

ПРАЙМИНГ ВИНОГРАДА ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Е. О. Луцкий*, М. А. Сундырева, М. О. Баранов
ФГБНУ СКФНЦСВВ, Краснодар, Россия
**maxitostyle@gmail.com*

Ключевые слова: абиотический стресс, виноград, прайминг, устойчивость

GRAPEVINE PRIMING UNDER ADVERSE TEMPERATURE STRESSES

E. O. Lutskiy*, M. A. Sundyreva, M. O. Baranov
FSBSI NCFSCHVW, Krasnodar, Russian Federation

Keywords: abiotic stress, grapevine, priming, resistance

Температура – ключевой фактор, определяющий эффективность производства винограда, от сохранности почек и целых растений до качества и количества урожая. В условиях изменения климата основные температурные пороги смещаются, что напрямую влияет на метаболизм растения и его восприимчивость к другим экологическим факторам. Необходимость поиска подходов для снижения негативного действия неоптимальных температурных условий на виноградники обусловлено тем, что температурные колебания учащаются, а характер повреждений усугубляется. Целью работы являлось определение воздействия стрессовых фитогормонов салициловой и жасмоновой кислот в комбинации с осмотически активной аминокислотой пролином на стабилизацию состояния растений винограда в неоптимальных температурных условиях, а также выявление физиологического базиса прайминга защитных реакций. Прайминг состоял из двухкомпонентной системы гормон-осмотически активное вещество. В качестве гормонального компонента были выбраны стрессовые фитогормоны жасмоновая кислота и салициловая кислота, в качестве осмолита была выбрана аминокислота пролин. Эксперимент был проведён на однолетних вегетирующих саженцах сортов Каберне-совиньон (низкотемпературный стресс, –1,5 ºС) и Курчанский (комбинированный стресс засухи и высокой температуры, отсутствие полива, +40 ºС) как наиболее чувствительных к данным видам температурного стресса сортах.

Прайминг растений при низкотемпературном стрессе SA+Pro оказался наиболее эффективным. В эксперименте наблюдалось снижение выхода электролитов, снижение уровня малонового диальдегида, повышение экспрессии генов антиоксидантных ферментов, генов метаболизма сахаров, транскрипционных факторов CBF, генов сигналинга абсцизовой кислоты, генов жасмонатного сигналинга. В данном варианте обработки у винограда также отмечалось повышение содержание хлорофилла, содержание виниферина, уровень растворимых сахаров.

Прайминг растений в условиях сочетания засухи и высокой температуры оказал положительное влияние на экспрессию некоторых важных защитных генов, увеличению индекса стабильности хлорофилла и содержания растворимых сахаров.

Исследование выполнено при поддержке Кубанского научного фонда в рамках проекта МПИ-25.1/17.

МИТОХОНДРИАЛЬНОЕ ДЫХАНИЕ ВЕГЕТАТИВНЫХ И ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЭТАПАХ ТРУБКОВАНИЯ И ЦВЕТЕНИЯ

И. В. Любушкина*, А. В. Поморцев, Е. В. Бережная, Е. А. Полякова, Н. С. Забанова, А. В. Корсукова, К. А. Кириченко

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**ostrov1873@yandex.ru*

Ключевые слова: альтернативная оксидаза, колос, митохондрии, флаговый лист, *Triticum aestivum* L.

MITOCHONDRIAL RESPIRATION OF VEGETATIVE AND GENERATIVE ORGANS OF WINTER AND SPRING WHEAT AT BOOTING AND ANTHESIS STAGES

I. V. Lyubushkina*, A. V. Pomortsev, E. V. Berezhnaya, A. V. Polyakova, N. S. Zabanova, A. V. Korsukova, K. A. Kirichenko

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: alternative oxidase, flag leaf, mitochondria, spikes, *Triticum aestivum* L.

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является одной из основных зерновых культур в мире. Репродуктивная фаза развития представляет собой один из критических периодов, определяющих урожайность растений. В то же время исследования функциональной активности митохондрий у растений в репродуктивную фазу весьма ограничены. В работе использовались растения пшеницы озимой (сорт Иркутская) и яровой формы (сорт Новосибирская 29) в фазы трубкования (Z41–43) и цветения (Z60–65). Растения выращивали в вегетационных сосудах в контролируемых условиях станции искусственного климата (фитотрон) СИФИБР СО РАН. Температура поддерживалась в интервале 22–26 ºС, фотопериод составлял 16 ч, полив осуществляли ежедневно. Митохондрии изолировали из тканей флагового и подфлагового листа, а также соцветий. Было установлено, что митохондрии из соцветий у изученных сортов яровой и озимой пшеницы отличались от митохондрий из листьев более высокими скоростями окисления дыхательных субстратов (малата, сукцината и НАДН) с преобладающим вкладом цитохромного пути дыхания и высокой степенью сопряжения процессов окисления и фосфорилирования.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00611, https://rscf.ru/project/25-26-00611/.

Основная публикация авторов по теме доклада:

Efficiency of Androgenesis In Vitro in the Culture of Isolated Winter Wheat Anthers: 1. The Influence of the Duration of Low-Temperature Pretreatment of Donor Plants on Respiration, Carbohydrate Content, and ROS Levels in Flowers from Different Parts of the Spike / I. V. Lyubushkina, M. S. Polyakova, A. V. Pomortsev, A. V. Korsukova, N. S. Zabanova, T. P. Pobezhimova, O. I. Grabel'nykh, V. K. Voinikov // Rus. J. Plant Physiol. 2023. Vol. 70. Art. 213. DOI: 10.1134/S1021443724603768

О РОЛИ ЭНДОГЕННОГО N-ФЕНИЛ-2-НАФТИЛАМИНА В РОСТОВЫХ ПРОЦЕССАХ КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ ГОРОХА (*PISUM SATIVUM* L.)

Л. Е. Макарова*, А. А. Ищенко, П. А. Бизиков
СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
**makarova@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: *Pisum sativum* L, N-фенил-2-нафтиламин, фталат, рост, ОИУК, ПОЛ

ON THE ROLE OF ENDOGENOUS N-PHENYL-2-NAFTYLAMINE IN THE GROWTH PROCESSES OF PEA SEED ROOTS (*PISUM SATIVUM* L.)

L. E. Makarova*, A. A. Ishchenko, P. A. Bizikov
SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: *Pisum sativum* L, N-phenyl-2-naphthylamine, phthalate, growth, OIAA, POL

Ранее в составе эндогенных ароматических компонентов и в корневых экссудатах растений гороха и других представителях бобовых культур (соя, фасоль) установлено присутствие N-фенил-2-нафтиламина (N-ФНА). Показана вероятность его участия в регуляции концентрации бактерий в ризосфере растений гороха и была обнаружена способность у всех видов исследованных бактерий – ризосферных и эндофитов растений гороха, деградировать N-ФНА по фталатному пути. Как и N-ФНА, фталаты входят в состав эндогенных соединений гороха и присутствуют в его экссудатах. Установлена способность клеток растений гороха самостоятельно синтезировать N-ФНА и фталаты. Есть основание полагать существование в клетках растений гороха ферментов, обеспечивающих деградацию N-ФНА по фталатному пути, подобных ферментам, выявляемым в бактериальных клетках.

Цель представляемой работы – изучение изменений в физиолого-биохимических процессах зон корня с меристематическими (М) и растягивающимися клетками (НР) на фоне увеличения содержания N-ФНА, индуцированного экзогенным 10^{-4} М нафталином. В зонах по окончании экспозиции на нафталине и последующего 8 ч роста на воде определяли концентрацию N-ФНА, фталатов, активность растворимой и ионно связанной с клеточными стенками оксидазы ИУК (ИУКО), уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ). 10^{-4} М нафталин несущественно влиял на общий рост зародышевого корня проростков гороха, однако локально ингибировал рост участка в области перехода корневых клеток к росту растяжением.

Для перехода клеток к растяжению необходимо высокое содержание N-ФНА, что подтверждают результаты для зоны М, где после переноса корней на водную среду появились участки с клетками, переходящими к растяжению. На фоне повышения уровня N-ФНА снижалась активность ИУКО, что важно для нормального роста клеток. Превышение определенного порога концентрации N-ФНА в клетках зоны НР в период действия нафталина, вероятная причина ингибирования ее роста после помещения проростков для дальнейшего роста на воду. Полагаем, помимо ИУКО, в этом процессе задействованы другие механизмы с участием фталатов, регулирующие рост клеток. Результаты показывают на отсутствие негативного влияния N-ФНА на уровень ИУК и ПОЛ в клетках растущей части корня.

Работа выполнена в рамках Проекта НИР FWSS-2025-0002.

ФТАЛАТЫ КАК УЧАСТНИКИ ЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ РАСТЕНИЙ В РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Л. А. Максимова*, Т. Н. Шафикова

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**VendyS@yandex.ru*

Ключевые слова: фталаты, вторичные метаболиты растений, ацилгомосеринлактон, ингибиторы биопленкообразования, фитопатогены

PHTHALATES AS PARTICIPANTS IN PLANT DEFENSE SYSTEMS IN PLANT-MICROBIAL INTERACTIONS

L. A. Maksimova*, T. N. Shafikova

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: phthalates, second metabolites, acyl-homoserine lactone, biofilm formation inhibitors, phytopathogenes

В последнее время уделяется большое внимание изучению физиологических свойств эндогенных фталатов (сложных эфиров ортофталевой кислоты), которые рассматриваются как вторичные метаболиты растений. Фталаты действуют как репелленты, отпугивая корне- и листогрызущих насекомых, подавляют развитие личинок насекомых, а также – как аллелопатические соединения в выделениях листьев. Установлена антимикробная и антибиопленочная активность фталатов различного строения. Бактериальные клетки в составе биопленок покрыты мощным экзополимерным матриксом, который защищает их от воздействия как внешних факторов, так и от защитных систем растений – фитоиммунитета, а также вторичных метаболитов с антимикробным действием. Биопленкообразование регулируется аутоиндукторами, или соединениями «чувства кворума». Наиболее изучены аутоиндукторы грамотрицательных бактерий – соединения семейства ацилгомосеринлактонов (АГЛ). Известно, что механизм действия фталатов основан, в том числе, на лиганд-рецепторном взаимодействии. Отмечается структурное сходство фталатов и АГЛ: наличие константной кольцевой молекулы и углеводородных радикалов с высокой вариабельностью. Вероятность образования комплекса молекулы фталата с рецептором АГЛ продемонстрирована с помощью докинг-моделирования. Фталаты, синтезируемые эндофитными бактериями, входят в состав корневых экссудатов растений и сдерживают ризосферные патогены. Предполагается, что фталаты действуют как миметики АГЛ и подавляют биопленкообразование бактериальных фитопатогенов на уровне конкурентного ингибирования. Известно, что АГЛ активно участвуют в формировании иммунного ответа. На основании молекулярного сходства АГЛ и фталатов предполагается, что фталаты также могут оказывать влияние на формирование системной устойчивости растений и поддерживать ее на уровне реакционной готовности.

Исследование выполнено при поддержке «Роль эндо- и ризосферной микробиоты в регуляции адаптационного потенциала растений» № проекта в гос. задании – 0277-2025-0002.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕКОТОРЫХ ГЕРБИЦИДОВ, БОРНОЙ КИСЛОТЫ И САЛИЦИЛАТА НА СВОБОДНЫЙ ЦИТОЗОЛЬНЫЙ КАЛЬЦИЙ В КЛЕТКАХ КОРНЯ *ARABIDOPSIS THALIANA*

С. С. Марчук [1]*, О. Г. Яковец [1], В. С. Мацкевич [1], В. В. Демидчик [2]**

[1] БГУ, Минск, Беларусь
[2] ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси», Минск, Беларусь

*sofiamarchuks@gmail.com, **demidchik@botany.by*

Ключевые слова: гербициды, органические кислоты, Ca^{2+}-сигналы

THE EFFECT OF SOME HERBICIDES, BORIC ACID, AND SALICYLATE ON CYTOSOLIC FREE CALCIUM IN ARABIDOPSIS THALIANA ROOT CELLS

S. S. Marchuk [1]*, O. G. Yakovets [1]. V. S. Mackievic [1], V. V. Demidchik [2]**

[1] BSU, Minsk, Belarus
[2] V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus

Keywords: herbicides, organic acids, Ca^{2+} signals

Многие стресс-факторы индуцируют временное увеличение цитоплазматической активности Ca^{2+} – $[Ca^{2+}]_{цит.}$, называемое Ca^{2+}-сигналом или Ca^{2+}-сигнатурой. Показано, что Ca^{2+}-сигналы играют ключевую роль в ответе высших растений на стрессоры, запуская программы адаптации. В работе, с использованием хемилюминометрии и трансгенных растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., экспрессирующих Ca^{2+}-репортерный фотобелок экворин, было исследовано воздействие веществ, ранее неизученных в отношении индукции Ca^{2+}-сигнатур у высших растений, в частности, таких как глифосат (10^{-7} до 10^{-4} М), прометрин (10^{-6} до 10^{-4} М) и пропоксикарбозон натрия (10^{-6} до 10^{-4} М), борная кислота (10^{-4} до 10^{-3} М) и салицилат (10^{-4} до 10^{-3} М). Положительным контролем служил ответ $[Ca^{2+}]_{цит.}$ на 200 мМ NaCl, Ca^{2+}-сигнал измерялся до 1200 с. Было показано, что обработка NaCl вызывала мощный Ca^{2+}-сигнал с «механическим» начальным всплеском и более продолжительной стадией, развивающейся в течение 700 с. В то же время обработка всеми протестированными гербицидами даже при их высоких уровнях не вызывала изменений в $[Ca^{2+}]_{цит.}$. Это предполагает, что реакция на данные широко распространенные гербициды не задействует быстрые сигнальные процессы, позволяя им «незаметно» аккумулироваться в растении без запуска реакций раннего распознавания. Борная кислота также не индуцировала изменений $[Ca^{2+}]_{цит.}$, что свидетельствует об отсутствии связанных с Ca^{2+} рецепторных каскадов, участвующих в распознавании бората. Обработка салицилатом в концентрации 10^{-3} М индуцировала сложный двухфазный Ca^{2+}-сигнал с пиками примерно на 200 и на 800 с. Данный сигнал был зарегистрирован впервые и указывает на прямое взаимодействие между салицилат- и Ca^{2+}-зависимыми путями клеточной сигнализации. В целом работа раскрывает новые аспекты кальциевого сигналлинга при взаимодействии растения и «химического окружения».

ИЗУЧЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ КВИНОА В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ТАДЖИКИСТАНА

К. А. Мирзозода*, Х. Н. Хамидзода, М. М. Якубова, Х. Юлдошев

Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

**kmirzoev369@gmail.com*

Ключевые слова: квиноа, урожайность, условия, долина, условия

THE STUDY OF QUINOA YIELDS IN VARIOUS CONDITIONS IN CENTRAL TAJIKISTAN

K. A. Mirzozoda*, H. N. Khamidzoda, M. M. Yakubova, H. Yuldoshev

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

Keywords: quinoa, yield, conditions, valley, environment

Квиноа (*Chenopodium quinoa Willd.*) является перспективной сельскохозяйственной культурой благодаря высокой пищевой ценности, экологической пластичности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды. В условиях Республики Таджикистан изучение физиолого-биохимических особенностей ее роста и развития находится на начальном этапе, несмотря на то, что культура демонстрирует хорошие адаптационные способности в отдельных регионах.

Исследования, проведенные в 2018–2020 гг. в агроклиматических зонах долины Ромит, городов Душанбе и Турсунзаде, включали изучение различных сортов и линий квиноа: Рисовая лебеда, Титикака, Ames-13742 и Ames-13761. Результаты показали, что продуктивность культуры определяется комплексом физиологических факторов, включая интенсивность фотосинтеза, накопление сухой биомассы и эффективность распределения ассимилятов между вегетативными и репродуктивными органами.

Установлено, что наиболее высокоурожайные формы – Рисовая лебеда и Ames-13742 – формируют повышенные показатели листовой поверхности и чистой продуктивности фотосинтеза, что обеспечивает их более высокую зерновую продуктивность. Между показателями фотосинтетической активности и элементами урожая выявлена положительная корреляция.

Сравнение агроклиматических условий показало, что долина Ромит является наиболее благоприятной для возделывания квиноа. Здесь урожайность сортов и линий достигала максимальных значений, тогда как в условиях Душанбе и Турсунзаде наблюдалось снижение продуктивности из-за высокой температуры и недостаточной влажности.

Таким образом, эффективность выращивания квиноа в Таджикистане напрямую зависит от выбора генотипа и зоны возделывания. Долина Ромит рекомендуется как наиболее перспективная территория для промышленного внедрения данной культуры.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ДЕКОРАТИВНЫХ ХВОЙНЫХ КУЛЬТУР К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ ЗИМНЕГО ПЕРИОДА В УСЛОВИЯХ УРБОЛАНДШАФТОВ СЕВАСТОПОЛЯ

А. П. Миронова
ФИЦ СНЦ РАН, Сочи, Россия
mironova.020@mail.ru

Ключевые слова: интродуценты, морозоустойчивость, низкотемпературный стресс, озеленение, урбанизированная среда, хвойные культуры, зимостойкость

ASSESSMENT OF THE RESISTANCE OF ORNAMENTAL CONIFEROUS SPECIES TO ADVERSE WINTER FACTORS UNDER THE CONDITIONS OF URBAN LANDSCAPES OF SEVASTOPOL

A. P. Mironova
FRC SSC RAS, Sochi, Russian Federation

Keywords: coniferous species, frost resistance, low-temperature stress, landscaping, urban environment, introduced species, winter hardiness

В южных регионах России устойчивость декоративных хвойных культур к зимним стрессам важна для создания долговечных и функциональных зеленых насаждений. Особенно это актуально для Севастополя, где мягкий климат сочетается с кратковременными похолоданиями, способными повреждать интродуцированные древесные растения.

Целью исследования являлась оценка морозоустойчивости и зимостойкости интродуцированных хвойных культур в условиях городской среды Севастополя. Оценка зимостойкости проводилась на основе визуального метода по пятибалльной шкале. Объектами исследования выступали наиболее широко используемые в озеленении виды хвойных растений, предварительно прошедших оценку зимостойкости. Оценка морозоустойчивости проводилась с использованием метода искусственного промораживания на основе лабораторного моделирования низкотемпературного воздействия с последующим визуальным анализом степени повреждения тканей и определением уровня обмерзания.

Установлено, что исследуемые виды характеризуются различной степенью устойчивости к воздействию отрицательных температур. Наиболее высокой морозоустойчивостью обладала Сосна итальянская (*Pinus pinea* L.), демонстрирующая минимальные повреждения хвои и сохранение декоративных качеств после стрессового воздействия. Наиболее чувствительными к низким температурам оказались кедр гималайский (*C. deodara* (Roxb. ex D. Don) G. Don), у которого отмечались выраженные признаки повреждения хвои и снижение физиологической устойчивости.

Результаты показали, что урбоэкологические условия существенно влияют на адаптацию интродуцированных хвойных культур. Микроклиматическая нестабильность и антропогенная нагрузка усиливают воздействие низкотемпературного стресса, поэтому для озеленения Севастополя необходим дифференцированный подбор хвойных культур с учетом их адаптивного потенциала.

Исследования выполнено в рамках диссертационной работы.

БАКТЕРИЯ PGPB *PAENIBACILLUS NICOTIANAE* УЛУЧШАЕТ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПЛОДОВ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ ОГУРЦА

Г. В. Мирская [1]*, О. Р. Удалова [1], В. Н. Пищик [2], Л. М. Аникина [1], Д. В. Шибанов [1], Ю. В. Хомяков [1], В. И. Дубовицкая [1], Г. Г. Панова [1]

[1] ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия
[2] ФГБНУ ВНИИСХМ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии», Санкт-Петербург, Россия

**galinanm@gmail.com*

Ключевые слова: качество плодов, огурец, продуктивность, PGPB

PGPB *PAENIBACILLUS NICOTIANAE* IMPROVES FRUIT PRODUCTION AND QUALITY OF DIFFERENT CUCUMBER GENOTYPES

G. V. Mirskaya [1]*, O. R. Udalova [1], V. N. Pishchik [2], L. M. Anikina [1], D. V. Shibanov [1], Yu. V. Khomyakov [1], V. I. Dubovitskaya [1], G. G. Panova [1]

[1] Agrophysical Scientific Research Institute, St. Petersburg, Russian Federation
[2] All- Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, St. Petersburg, Russian Federation

Keywords: cucumber, fruit quality, PGPB, productivity

Исследование было направлено на изучение влияния ростстимулирующих (PGPB plant growth promotion bacteria) *Paenibacillus nicotianae* бактерий, обладающих азотфиксирующей активностью, на рост и качество плодов огурца в условиях интенсивной светокультуры. Гибриды F1 огурца (*Cucumis sativus* L.): Ермак, Солярис и Аврора были инокулированы *Paenibacillus nicotianae* (1×10^8 КОЕ/ мл) 3 раза на протяжении вегетационного периода. Результаты показали, что инокуляция *Paenibacillus nicotianae* привела к значительному увеличению сырой и сухой массы надземной части растений и корней, диаметра стебля, площади листьев и урожайности. Увеличение урожая при бактериальной инокуляции происходило в основном за счет увеличения числа и массы плодов на растение, при этом наиболее отзывчивыми на инокуляцию PGPB были растения гибридов Солярис и Аврора. В то же время на изменение длины и массы 1 плода инокуляция *Paenibacillus nicotianae* не оказала значимого влияния для всех исследуемых генотипов. Инокуляция привела к улучшению качества плодов огурца, что подтверждается увеличением содержания аскорбиновой кислоты, % сухого вещества и уменьшением содержания нитратов по сравнению с контролем. Кроме того, инокуляции влияла на изменение содержания химических веществ в плодах (N, P, K, Mg и Fe). Установлено, что реакция на изменение содержания минеральных веществ в плодах варьировала в зависимости от генотипа огурца. Результаты показывают, что инокуляция *Paenibacillus nicotianae* может быть успешно использована для повышения урожайности и качества плодов огурца в условиях интенсивной светокультуры. Однако этот эффект, по-видимому, очень специфичен, даже на уровне генотипов, и необходимы более глубокие исследования для оценки использования бактериальных штаммов в конкретных областях применения.

Исследование выполнено по гос. заданию НИР FGEG-2025-0007.

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЕМБРАН МИТОХОНДРИЙ ЭПИКОТИЛЕЙ ПРОРОСТКОВ ГОРОХА В ОТВЕТ НА ВОДНЫЙ ДЕФИЦИТ

О. В. Неврова [1]*, Н. Ю. Герасимов [1], И. В. Жигачева [1], И. П. Генерозова [2], А. Н. Голощапов [1]

[1] ИБХФ РАН, Москва, Россия
[2] ИФР РАН, Москва, Россия

**n.yu.gerasimov@gmail.com*

Ключевые слова: структура мембран, микровязкость, водный дефицит, митохондрии

STRUCTURAL CHANGES IN MITOCHONDRIAL MEMBRANES OF EPICOTYLS OF PEA SEEDLINGS IN RESPONSE TO WATER DEFICIENCY

O. V. Nevrova [1]*, N. Yu. Gerasimov [1], I. V. Zhigacheva [1], I. P. Generozova [2], A. N. Goloshchapov [1]

[1] IBCP RAS, Moscow, Russian Federation
[2] IPP RAS, Moscow Russia

Keywords: membrane structure, microviscosity, water deficiency, mitochondria

Одним из факторов для растений, ведущих к выраженным изменениям структуры и свойств липидного бислоя мембран, является водный дефицит. В ответ на недостаток воды происходит увеличение образования активных форм кислорода, инициирующих пероксидное окисление липидов, что приводит к разрушению липидного бислоя мембран, его разупорядочиванию, потере избирательной проницаемости и снижению жизнеспособности клеток. Кроме того, повышается количество насыщенных жирных кислот в мембранах. В результате чего фазовое состояние липидов изменяется: мембраны становятся менее текучими, что ограничивает их нормальное функционирование. Целью работы было изучение изменений структуры мембран митохондрий, выделенных из эпикотилей проростков гороха в условиях дефицита воды. Работу проводили на митохондриях пятидневных этиолированных проростков гороха *Pisum sativum* L., сорт Немчиновский 100. Регистрацию потребления кислорода митохондриями проводили полярографическим методом, используя полярограф LP-7 и кислородный электрод типа Кларка. Микровязкость липидного бислоя мембран определяли методом электронного парамагнитного резонанса спиновых зондов: 2,2,6,6-тетраметил-4-каприлоилоксилпиперидин-1-оксил (зонд I) и 5,6-бензо-2,2,6,6-тетраметил-1,2,3,4-тетрагидрокарболин-3-оксил (зондII). Дефицит воды уменьшал эффективность окислительного фосфорилирования на 30 %. Уменьшенная эффективность окислительного фосфорилирования при дефиците воды указывает на частичное разобщение дыхательной цепи, в результате которого часть энергии выделялась в виде тепла, что могло привести к увеличению локальной температуры. Также, показано, что дефицит воды приводил к увеличению микровязкости мембран митохондрий по сравнению с контролем, что, возможно, связано с окислительным стрессом, вследствие чего происходило, вероятно, уменьшение количества ненасыщенных жирных кислот в липидах мембран.

Исследование выполнено в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 1201253310).

ВЛИЯНИЕ МЕЖВИДОВОЙ КОНКУРЕНЦИИ ЗА СУБСТРАТ В СТВОЛОВОМ МИКОКОМПЛЕКСЕ НА СОХРАНЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ

С. Э. Некляев [1,2]*, Г. Е. Ларина [2]

[1] ВНИИЛМ, Пушкино, Россия; ГБС РАН, Москва, Россия
[2] ВНИИФ, Большие Вязёмы, Россия

**slava9167748107@yandex.ru*

Ключевые слова: аскомицет, базидиомицет, конкуренция, сосна, древесина

THE EFFECT OF INTERSPECIFIC COMPETITION FOR SUBSTRATE IN THE STEM MYCOCOMPLEX ON MAINTAINING THE STABILITY OF PINE FOREST CROPS

S. E. Neklyaev [1,2]*, G. E. Larina [2]

[1] VNIILM, Pushkino, Russian Federation; GBS RAS, Moscow, Russian Federation
[2] VNIIPh, Bolshye Vyazemye, Russian Federation

Keywords: Ascomycota, Basidiomycota, competition, pine, wood

Нашими предыдущими исследованиями было установлено, что *Cenangium ferruginosum, Gremmeniella abietina, Sphaeropsis sapinea* являются наиболее опасными патогенами для лесных культур сосны. Вместе с этим вопросы преодоления ими энзимного антагонизма с базидиомицетами остаются почти не изученными.

Исследования проводили в период 2023–2026 гг. на 48 пробных площадях и 480 модельных деревьях в лесных культурах в Московской, Владимирской и Рязанской областей. В ходе исследования были получены данные об особенностях взаимодействия между аскомицетом *Cenangium ferruginosum* и базидиомицетами *Stereum sanguinolentum* и *Hypochnicium bombycinum*. Аскомицет заселял верхние части ветвей, базидиомицеты – боковые и нижние. На стоящих деревьях *C. ferruginosum* больше был приурочен к юго-восточной и южной стороне, в отличие от базидиомицетов, которые росли на северной и западной стороне, под мутовками. Анализ свойств субстрата (pH/влажность) под телами грибов показал, что *C. ferruginosum* активно развивался на древесине с pH 5,2 и влажностью 20,7 %, по сравнению с *S. sanguinolentum* – 4,4/49,6 %, *H. bombycinum* – 4,6/40,7 % соответственно. Отметим, что *C. ferruginosum* развивался в коре и потреблял вещества из камбия. Наблюдалась конкуренция *C. ferruginosum* за субстрат с другими агентами микокомплекса, которая «разрешалась» ростом гифов *S. sanguinolentum* по коре. В ситуациях «столкновения» *C. ferruginosum* с *H. bombycinum,* зафиксирована изоляция колоний, что приводило к росту *H. bombycinum* на верхних чешуйках коры и оставлению нижних и поверхностных слоев заболони (не далее второго годичного кольца).

В результате установлено, что аскомицеты способны полноценно конкурировать с базидиомицетами за субстрат (древесина молодняков сосны) и поселяются в момент начала ослабления деревьев, уступая субстрат при отмирании камбия.

Исследование выполнено по теме НИР государственного задания ВНИИЛМ на 2025–2028 года «№ 1-325 Болезни хвои».

РОЛЬ НЕЙТРАЛЬНЫХ ЛИПИДОВ *LARIX CAJANDERI* MAYR В АДАПТАЦИИ К ХОЛОДНОМУ КЛИМАТУ КРИОЛИТОЗОНЫ

В. В. Нохсоров [1]*, Т. Д. Татаринова [1], Л. В. Дударева [2]

[1] ИБПК СО РАН, Якутск, Россия
[2] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**vv.nokhsorov@mail.ru*

Ключевые слова: адаптация, липиды, лиственница, криолитозона

THE ROLE OF NEUTRAL LIPIDS OF *LARIX CAJANDERI* MAYR IN ADAPTATION TO THE COLD CLIMATE OF THE CRYOLITHOZONE

V. V. Nokhsorov [1]*, T. D. Tatarinova [1], L. V. Dudareva [2]

[1] IBPC SB RAS, Yakutsk, Russian Federation
[2] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: adaptation, cryolithozone, lipids, larch

Механизмы формирования экстремальной холодоустойчивости древесных растений с участием липидов, в том числе нейтральных липидов (НЛ) и их жирных кислот (ЖК) в процессах адаптации к низким отрицательным температурам (до –60 ºС), характерных для криолитозоны, все еще мало изучены. Для выявления роли НЛ в такой адаптации исследовали закономерности сезонные изменения их состава и содержания в побегах лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr), произрастающей в природных условиях Якутии. Среди нейтральных липидов основное внимание было уделено 1,2,3-триацил-*sn*-глицеринам (ТАГ) как доминирующим запасным липидам, а также эфирам стеринов и воскам. Анализ НЛ и их ЖК проводили с использованием методов ВЭТСХ и ГХ-МС. Установлено, что в годичном цикле *L. cajanderi* максимальное накопление общих липидов (ОЛ) до 83,2 мг/г сухой массы и 1,2,3-триацил-*sn*-глицеринов (ТАГ) до 26,1 % от суммы липидов в побегах лиственницы происходит в осенне-зимний период, тогда как содержание восков возрастает до 6,9 % от суммы липидов в летний период. В составе ТАГ в побегах доминировали пальмитиновая (16:0), олеиновая (18:1n–9), линолевая (18:2n–6) и α-линоленовая (18:3n–3) кислоты. В осенне-зимний период доля ненасыщенных ЖК в составе ТАГ возрастала до 69 % от суммы ЖК. Сезонная перестройка состава и содержания липидов метаболизма *L. cajanderi*, включающая накопление запасных липидов (ТАГ) и возрастание степени ненасыщенности ЖК, вероятно, является важным звеном в биохимических молекулярных механизмах, обеспечивающих необычайно высокую морозоустойчивость лиственницы при адаптации к условиям холодного климата и многолетней мерзлоты Якутии. Особенности адаптивных изменений, обнаруженные в составе НЛ и их жирных кислот, могут свидетельствовать об участии данных соединений в формировании низкотемпературной устойчивости хвойных растений, произрастающих в условиях криолитозоны.

Работа проводилась в рамках госзадания Минобрнауки России по проекту «Физиолого-биохимические основы устойчивости и адаптации растений репрезентативных экосистем криолитозоны в изменяющемся климате (рег. № 126021217284-2)».

ВЛИЯНИЕ ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ И МИКРОВЯЗКОСТЬ МЕМБРАН МИТОХОНДРИЙ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

В. Н. Нурминский*, С. И. Шаманова, О. И. Грабельных

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**cell@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: генерализованная поляризация, гиперосмотический стресс, микровязкость мембраны, митохондрия, стабильность мембран

THE EFFECT OF OSMOTIC STRESS ON THE FUNCTIONAL STATE AND MICROVISCOSITY OF MITOCHONDRIAL MEMBRANES IN POTATO TUBERS

V. N. Nurminsky*, S. I. Shamanova, O. I. Grabelnych

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: generalized polarization, hyperosmotic stress, membrane microviscosity, mitochondria, membrane stability

В настоящей работе было исследовано влияние гиперосмотического стресса на функциональное состояние и микровязкость митохондриальных мембран клеток клубней картофеля. Гиперосмотический стресс корнеплодов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) создавали выдерживанием клубней в сушильном шкафу в течение 9 сут при температуре 36–38 ºС. Уровень стрессового воздействия на корнеплоды оценивали по стабильности клеточных мембран с использованием кондуктометрического метода. Чтобы оценить функциональную активность изолированных митохондрий определяли интактность внешней мембраны, окислительную и фосфорилирующую активности митохондрий. Микровязкость мембран митохондрий, выделенных из контрольных и стрессированных корнеплодов, измеряли на основе расчета генерализованной поляризации (GP) флуоресцентного зонда лаурдан с помощью конфокальной микроскопии. В распределении значений GP митохондрий стрессированных корнеплодов была обнаружена компонента, характеризующая более плотноупакованные участки мембраны по сравнению с остальной частью мембраны. Обнаружено, что микровязкость митохондриальных мембран при гиперосмотическом стрессе изменяется, появляются плотноупакованные домены, которые могут являться рафтовыми структурами мембраны. Выявленные изменения открывают перспективы для дальнейших исследований по изучению участия рафтовых структур митохондрий в устойчивости растений к стрессовым факторам.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках базового проекта № 0277-2025-0001.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Dynamic imaging of lipid order and heterogeneous microviscosity in mitochondrial membranes of potato tubers under abiotic stress / V. N. Nurminsky, S. I. Shamanova, O. I. Grabelnych, N. V. Ozolina, Y. Wang, A. I. Perfileva // Membranes (Basel). 2025. Vol. 15, N 10. Art. 302. DOI: 10.3390/membranes15100302

АССОЦИАЦИЯ SSR МАРКЕРОВ НА ХРОМОСОМЕ 2D МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ С ПРИЗНАКАМИ УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАСУХЕ

С. В. Осипова [1,2]*, А. В. Пермяков [1], М. Д. Пермякова [1], А. В. Поморцев [1], Т. А. Пшеничникова [3]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия
[3] ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

**svetlanaosipova2@mail.ru*

Ключевые слова: *Aegilops tauschii,* засухоустойчивость, интрогрессии, *Triticum aestivum,* хромосома 2D

ASSOCIATION OF SSR MARKERS ON CHROMOSOME 2D OF BREAD WHEAT WITH DROUGHT TOLERANCE

S. V. Osipova [1,2]*, A. V. Permyakov [1], M. D. Permyakova [1], A. V. Pomortsev [1], T. A. Pshenichnikova [3]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] ISU, Irkutsk, Russian Federation
[3] ICG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: *Aegilops tauschii,* drought tolerance, introgression, *Triticum aestivum,* chromosome 2D

Генетическое разнообразие диплоидного злака *Ae. tauschii* Coss используется для повышения устойчивости к неблагоприятным климатическим условиям мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. Объектами исследования служили пшеница сорта Чайниз Спринг и шесть линий, созданных на ее основе и несущих интрогрессии от *Ae. tauschii* в короткое (2DS) и длинное (2DL) плечо хромосомы 2D. Растения выращивали в контролируемых условиях при двух контрастных режимах водоснабжения. На стадии «начало колошения» определяли биохимические признаки в тканях флагового листа. Влияние дефицита воды на каждый из изученных признаков оценивали по величине «размер эффекта засухи». Для поиска координат генов-кандидатов для объяснения влияния интрогрессий на устойчивость использовали информационные ресурсы GrainGenes и Ensemble Plants.

Результаты показали, что интрогрессия в район маркера *Xgwm296* на 2DS была ассоциирована с усилением рециклинга аскорбиновой кислоты и устойчивостью фотосинтеза. Интрогрессия в район маркера *Xgwm539* на 2DL была ассоциирована со снижением активности глутатион редуктазы, содержания пролина, эффективности фотосинтеза и повышением активности липоксигеназы. По-видимому, этот локус критически важен для устойчивости пшеницы Чайниз Спринг к дефициту воды. Интрогрессии от *Ae. tauschii* в район локализации маркера *Xgwm1419*, а также между маркерами *Xgwm157* и *Xgwm1419* на хромосоме 2DL были нейтральными для устойчивости.

Работа выполнена в рамках государственного задания 0277-2025-0006, рег. № НИОКТР – 125021902487-9 и проекта ИЦиГ СО РАН № FWNR-2026-0029.

ВЛИЯНИЕ ИНТРОГРЕССИИ ОТ *AEGILOPS SPELTOIDES* В ГЕНОМЕ ПШЕНИЦЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЗАСУХЕ

М. Д. Пермякова [1]*, А. В. Пермяков [1], Е. Г. Рудиковская [1], С. В. Осипова [1,2], А. В. Поморцев [1], Т. А. Пшеничникова [3]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия
[3] ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

**marperm@rambler.ru*

Ключевые слова: *Aegilops speltoides,* засухоустойчивость, интрогрессия, пшеница

EFFECT OF INTROGRESSION FROM *AEGILOPS SPELTOIDES* INTO THE WHEAT GENOME ON DROUGHT TOLERANCE

M. D. Permyakova [1]*, A. V. Permyakov [1], E. G. Rudikovskaya [1], S. V. Osipova [1,2], A. V. Pomortsev [1], T. A. Pshenichnikova [3]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] ISU, Irkutsk, Russian Federation
[3] ICG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: *Aegilops speltoides,* drought tolerance, introgression, wheat

Интрогрессия от диких злаков в геноме пшеницы широко используется для повышения устойчивости к болезням, однако информации об ее влиянии на другие признаки в разных климатических условиях недостаточно. Мы изучили устойчивость к засухе у двух линий пшеницы с интрогрессией от *Aegilops speltoides*. Газообмен и флуоресценцию хлорофилла определяли в климатической камере с помощью портативной системы GFS-3000. Активность антиоксидантных ферментов и липоксигеназы, содержание фотосинтетических пигментов, свободного пролина и растворимых сахаров измеряли спектрофотометрически.

Было показано, что транслокации от *Ae. speltoides* в хромосомах 1B, 5B и 6B чувствительного к засухе сорта Родина (линия 73/00^{i}) положительно влияли на устойчивость к засухе. У линии 73/00^{i} в условиях засухи снижалась базовая флуоресценция хлорофилла, увеличивалось отношение содержания хлорофилла к каротину и максимальный фотохимический квантовый выход ФСII (Fv/Fm).

Интрогрессия от *Ae. speltoides* в хромосому 5BL устойчивого к засухе сорта Саратовская 29 (линия C29(73/00^{i} 5B)) при водном дефиците способствовала повышению эффективности использования воды, нетто фотосинтеза, содержания фотосинтетических пигментов и активности супероксиддисмутазы. По параметру Fv/Fm линия уступала своему реципиенту, но, в целом, интрогрессия от *Ae. speltoides* в хромосому 5B сорта Саратовская 29 не оказала существенного негативного влияния на фотосинтетические процессы в условиях засухи.

Отсутствие больших изменений в содержании осмолитов и уровне активности большинства ферментов при действии засухи у обеих линий свидетельствует о сохранении окислительно-восстановительного баланса в клетках растений.

Исследование выполнено при поддержке базового проекта СИФИБР СО РАН № 0277-2025-0006.

ВЛИЯНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ ХАЛЬКОГЕНОВ И МЕТАЛЛОВ НА ЭКСПРЕССИЮ *PR* ГЕНОВ В ТКАНЯХ КАРТОФЕЛЯ ПРИ БИОТИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

А. И. Перфильева [1]*, Е. Ю. Гарник [1,2], А. С. Мориц [1], Е. И. Стрекаловская [2,3], Н. В. Клушина [4]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия
[3] ИрИХ СО РАН, Иркутск, Россия
[4] ИХКГ СО РАН, Новосибирск, Россия

**alla.light@mail.ru*

Ключевые слова: марганец, медь, селен, *Pectobacterium carotovorum Solanum tuberosum*

EFFECT OF CHALCOGEN AND METAL NANOCOMPOSITES ON PR GENE EXPRESSION IN POTATO TISSUES UNDER BIOTIC STRESS

A. I. Perfilieva [1]*, E. Yu. Garnik [1,2], A. S. Moritz [1], E. I. Strekalovskaya [2,3], N. V. Klushina [4]

[1] SIFIBR SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] ISU, Irkutsk, Russian Federation
[3] IRI SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[4] IHKG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: copper, manganese, selenium, *Pectobacterium carotovorum, Solanum tuberosum*

В тканях картофеля, подвергнутого заражению фитопатогеном *Pectobacterium carotovorum* (*Pcc*), исследовано изменение уровня экспрессии *PR* генов, (Pathogenesis-Related Proteins) под влиянием ряда нанокомпозитов (НК) на основе арабиногалактана с наночастицами (НЧ) Se, Cu, Mn, хелатнокоординированными НЧ Cu и $Cu(OH)_2$. Для эксперимента растения картофеля *in vitro* сорта Лукьяновский заражали *Pcc*. Спустя 2 сут, в среду роста вносили водный раствор НК, через 1 ч из листьев среднего яруса выделяли РНК. С использованием ОТ-ПЦР были протестированы целевые *PR* гены (*POX*, *PR3*, *PR-5-18*, *PR1*, *PR2*, *PR6*, *PR9*, *PR10*) и 1 ген в качестве референсного (*EF1α*).

При сравнении уровней транскриптов генов антимикробного ответа в листьях, зараженных *Pcc* и незараженных растений картофеля, обнаружено, что из 8 выбранных для исследования генов 7 индуцируются в ответ на заражение *Pcc* в 2 раза и более. При сравнении уровня транскриптов исследуемых генов при всех вариантах обработки незараженных растений с зараженными без обработки НК выявлено, что уровень транскриптов в зараженных растениях в некоторых случаях выше уровней в зараженном картофеле. Уровень транскриптов исследуемых генов был выше контроля, в ряде случаев – выше уровней транскриптов в зараженных растениях без обработки препаратами НК. Таким образом, образом, в присутствии НК для *PR* генов картофеля отмечена индукция экспрессии при заражении *Pcc*.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда и Министерства экономического развития Иркутской области «Оценка влияния халькоген- и металлосодержащих нанокомпозитов на уровень экспрессии патоген-зависимых (PR) генов культурных растений Сибирского региона при заражении фитопатогенной бактерией Pectobacterium carotovorum» № 25-24-20046.

СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗА В РЕАКЦИИ ПШЕНИЦЫ НА ТЕПЛОВОЙ СТРЕСС, СВЯЗЬ С «ВНЕШНИМИ» НАД(Ф)Н-ДЕГИДРОГЕНАЗАМИ И ОБРАЗОВАНИЕМ АФК В МИТОХОНДРИЯХ

Е. А. Полякова*, О. А. Федотова, Е. В. Бережная, О. И. Грабельных
СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
**polyackova.elizaveta727@yandex.ru*

Ключевые слова: тепловой стресс, активные формы кислорода, митохондрии, супероксиддисмутаза, альтернативные НАД(Ф)Н-дегидрогеназы

SUPEROXIDE DISMUTASE IN THE RESPONSE OF WHEAT TO HEAT STRESS, ITS RELATIONSHIP WITH EXTERNAL NAD(P)H-DEHYDROGENASES AND THE FORMATION OF ROS IN MITOCHONDRIA

E. A. Polyakova*, O. A. Fedotova, E. V. Berezhnaya, O. I. Grabelnych
SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: heat stress, reactive oxygen species, mitochondria, superoxide dismutase, alternative NAD(P)H-dehydrogenases

Важное значение в антиоксидантной защите клеток растений при неблагоприятных условиях среды играют супероксиддисмутаза (СОД), представленная изоформами Cu/Zn-, Mn- и Fe-СОД, каталаза, а также альтернативные ферменты митохондрий – альтернативная оксидаза (АО) и ротенон-нечувствительные «внешние» НАД(Ф)Н-дегидрогеназы (НАД(Ф)Н-ДГ). Ранее нами было показано, что «внешние» НАД(Ф)Н–ДГ и АО участвуют в повышении термотолерантности яровой пшеницы. В литературе содержится мало сведений об участии этих ферментов в регуляции образования активных форм кислорода (АФК) и взаимосвязи их функционирования в растительных клетках при тепловом стрессе. В работе изучено содержание АФК (H_2O_2) и активность антиоксидантных ферментов и «внешних» НАД(Ф)Н-ДГ яровой пшеницы при тепловых воздействиях закаливающего и повреждающего характера. Зеленые растения пшеницы сорта «Новосибирская 29» в возрасте 4 и 8 сут подвергали действию температур 50 ºС (тепловой стресс), 37 ºС (закаливание) и 50 ºС с предварительным закаливанием при 37 ºС.

Обнаружено, что в контрольных условиях в листьях 8-суточных растений содержание H_2O_2 и суммарная активность СОД были выше, чем в 4-суточных, в то время как в 4-суточных растениях была выше активность митохондриальных СОД. Независимо от возраста в тканях и в митохондриях содержалось несколько изоформ Cu/Zn- и Mn-СОД. При тепловом закаливании повышались активности каталазы и СОД, которые поддерживались на достигнутом уровне при последующем стрессе, как в тканях, так и в митохондриях. Учитывая высокую активность «внешних» НАД(Ф)Н-ДГ в этих условиях, можно предполагать их участие совместно с СОД и каталазой в регуляции уровня АФК при адаптации яровой пшеницы к высокой температуре.

ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИСТЬЕВ ВЕЧНОЗЕЛЕНЫХ КУСТАРНИЧКОВ (*VACCINIUM VITIS-IDAEA*, *ARCTOSTAPHYLOS UVA-URSI*, *PYROLA ASARIFOLIA*) ПРИ ОСЕННЕМ ПЕРЕХОДЕ К СОСТОЯНИЮ ПОКОЯ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ ЯКУТИИ

Ф. Ф. Протопопов*, В. В. Нохсоров, В. Е. Софронова

ИБПК СО РАН, Якутск, Россия

**protopopov_fedor@mail.ru*

Ключевые слова: трехмерная флуоресцентная спектроскопия (3D-EEM), липофильные компоненты, вересковые, арбутин, флавин, сезонная динамика

FLUORESCENCE CHARACTERISTICS OF THE LEAVES OF EVERGREEN DWARF SHRUBS (*VACCINIUM VITIS-IDAEA*, *ARCTOSTAPHYLOS UVA-URSI*, *PYROLA ASARIFOLIA*) DURING THE AUTUMN TRANSITION TO DORMANCY IN THE CRYOLITHOZONE OF YAKUTIA

F. F. Protopopov*, V. V. Nokhsorov, V. E. Sofronova

IBPC SB RAS, Yakutsk, Russian Federation

Keywords: three-dimensional fluorescence spectroscopy (3D-EEM), lipophilic components, Ericaceae, arbutin, flavin, seasonal dynamics

Вечнозеленые кустарнички криолитозоны Якутии претерпевают глубокую сезонную перестройку метаболизма, затрагивающую в том числе липофильные компоненты клеток и тканей растений. Перспективным инструментом экспресс-оценки этих изменений является трехмерная флуоресцентная спектроскопия (3D-EEM). Цель работы – оценить возможность применения 3D-EEM для анализа комплекса липофильных и сопутствующих гидрофильных метаболитов, экстрагированных из листьев *Arctostaphylos uva-ursi*, *Pyrola asarifolia* и *Vaccinium vitis-idaea* в период осеннего перехода к покою. Во всех образцах обнаружены характерные пики флуоресценции: арбутина (305–315 нм), галловой кислоты/галлотанинов, хлорогеновой кислоты (370–400 нм), флавонолов (440–443 нм) и дубильных веществ (465–500 нм). Выявлена ярко выраженная видоспецифичность спектральных профилей: у *A. uva-ursi* доминирует крайне стабильный пик галловой кислоты и галлотанинов (CV ≈ 4,5–5,0 %), у *P. asarifolia* – умеренно вариабельный пик хлорогеновой кислоты с дополнительным вкладом галлотанинов (CV ≈ 17–22 %), у *V. vitis-idaea* пик хлорогеновой кислоты появлялся исключительно в сентябре и отличался высокой вариабельностью (CV до 88 %). Флавонольные пики относительно стабильны у всех трех видов (CV = 2,5–14,0 %). Полученные результаты показывают, что анализ сезонной вариабельности флуоресценции экстрактов листьев позволяет выявить видоспецифические особенности динамики фенольного метаболизма и состояния липофильных компонентов.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России по государственному заданию «Физиолого-биохимические основы устойчивости и адаптации растений репрезентативных экосистем криолитозоны в изменяющемся климате (рег. № 126021217284-2)».

ИЗМЕНЧИВОСТЬ АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПОЛИВА И ЗАСУХИ ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ХРОМОСОМ ЧЕТВЕРТОЙ ГОМЕОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

Т. А. Пшеничникова [1]*, С. В. Осипова [2], А. В. Пермяков [2], О. Г. Смирнова [1], М. Д. Пермякова [2], А. В. Симонов [1], В. Ли [3]

[1] ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия
[2] ФГБУН СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[3] НГУ, Новосибирск, Россия

**wheatpsh@bionet.nsc.ru*

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, *Thinopyrum ponticum*, интрогрессия, фотосинтез, ферменты аскорбат-глутатионового цикла

VARIABILITY OF ADAPTATION REACTIONS OF SPRING BREAD WHEAT UNDER CONDITIONS OF IRRIGATION AND DROUGHT DURING SUBSTITUTION OF CHROMOSOMES OF THE FOURTH HOMEOLOGOUS GROUP

T. A. Pshenichnikova [1]*, S. V. Osipova [2], A. V. Permyakov [2], O. G. Smirnova [1], M. D. Permyakova [2], A. V. Simonov [1], W. Li [3]

[1] ICG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[2] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[3] NSU, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: *Triticum aestivum*, *Thinopyrum ponticum*, introgression, photosynthesis, enzymes of ascorbate-glutathione cycle

Интрогрессии чужеродного генетического материала в геном пшеницы *Triticum aestivum* L. являются своеобразным исследовательским биологическим «зондом», позволяющим определять участки генома мягкой пшеницы, связанные с различными адаптивными механизмами. В данной работе в условиях нормального и ограниченного водоснабжения были изучены процессы фотосинтеза, антиоксидантный статус клеток и продуктивность при замещении хромосом 4B и 4D сорта Саратовская 29 (С29) на хромосому 4Th от дикого злака *Thinopyrum ponticum,* хромосомы 4B от сорта пшеницы Янецкис Пробат и у моносомной линии по хромосоме 4B сорта С29. Была изучена взаимосвязь между 22 физиологическими признаками и 12 компонентами продуктивности растения. Многомерный анализ данных показал, что активность аскорбатпероксидазы, вес 1000 зерен и компоненты продуктивности главного колоса являются главными признаками, определяющими отличия четырех генотипов от родительского сорта С29 в условиях полива и засухи. Второй по значимости являлась активность супероксиддисмутазы. В условиях засухи замещение хромосомы 4D, в отличие от замещения хромосомы 4B, приводило к снижению эффективности использования воды, а затем к снижению биомассы зеленого побега и общей продуктивности. Это говорит о локализации в хромосоме 4D значимых генетических факторов, связанных с общим метаболизмом у растения пшеницы.

Исследование частично поддержано грантом РНФ № 26-16-00132.

ВЛИЯНИЕ ПРАЙМИНГА НАНОФОРМАМИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ЦИТО- И ГЕНОТОКСИЧНОСТЬ ИОНОВ МЕДИ В КОРНЕВОМ АПЕКСЕ ПРОРОСТКОВ *TRITICUM AESTIVUM* L.

С. А. Пятина*, Е. И. Кесслер
ФГАОУ ВО СФУ, Красноярск, Россия
**davcbetik@mail.ru*

Ключевые слова: медь, пограничные клетки, прайминг, пшеница

EFFECT OF PRIMING WITH NANOFORMS OF HUMIC ACIDS ON THE CYTO- AND GENOTOXICITY OF COPPER IONS IN THE ROOT APEX OF *TRITICUM AESTIVUM* L. SEEDLINGS

S. A. Pyatina*, E. I. Kessler
SibFU, Krasnoyarsk, Russian Federation

Keywords: border cells, copper, priming, wheat

В условиях возрастающего антропогенного загрязнения почвенных экосистем тяжелыми металлами, в частности медью, особую актуальность приобретает инжиниринг металл-резистентных фенотипов различных видов растений, включая агрокультуры. В настоящее время в качестве инструмента инжиниринга резистентных фенотипов широко используется прайминг. Процедура прайминга включает индукцию преадаптаций, которые повышают резистентность к последующему воздействию различных неблагоприятных факторов. Потенциальной мишенью для действия прайминг-агентов выступает популяция пограничных клеток корня, поскольку от ее функциональной активности зависит формирование корневого экзометаболома.

В связи с этим в представленной работе изучали влияние индуцированных прайминг-агентами преадаптаций в системе пограничные клетки – корневая внеклеточная ловушка на цито- и генотоксичность меди в гидропонной культуре проростков пшеницы. В качестве прайминг-агентов использовали наноформы гуминовых кислот (6,5±3,8 нм и 68±9,9 нм, 100 мг/л). Процедуру прайминга проводили следующим образом: проклюнувшиеся зерновки проращивали на средах с наноформами гуминовых кислот в течение 2 сут. 2-суточные проростки переносили на среду с медью ($31 \cdot 10^{-5}$ М) и культивировали в течение 24 ч. В качестве контроля зерновки в течении 2 сут проращивали на дистиллированной воде, а затем на последующие 24 ч также переносили на среду с медью.

Было показано, что в условиях прайминга наноформами гуминовых кислот цитогенотоксическая активность меди ($31 \cdot 10^{-5}$ М) снижалась: количество пограничных клеток и их жизнеспособность были выше, а содержание меди в корневом апексе и количество клеток с аномалиями митоза в меристеме корневого апекса было ниже по сравнению с вариантом без нанопрайминга. Полученные результаты свидетельствуют, что преадаптации в системе корневой внеклеточной ловушки играют важную роль в формирования резистентности корневой системы к различным почвенным поллютантам.

ОЦЕНКА ЭКСПРЕССИИ ОТДЕЛЬНЫХ ГЕНОВ КАК СПОСОБ ОТБОРА МОРОЗОУСТОЙЧИВЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

А. В. Разуваева [1], А. А. Киселева [1,2], Н. Е. Коротаева [3], Г. Б. Боровский [3], Е. А. Салина [1,2], А. В. Федяева [1]*

[1] ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия
[2] ЦКП КТиГР, Новосибирск, Россия
[3] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**fedyaeva.anna@mail.ru*

Ключевые слова: гены *CBF*, морозоустойчивость, пшеница

EVALUATION OF THE EXPRESSION OF SPECIFIC GENES AS A METHOD FOR SELECTION OF FROST RESISTANT WINTER WHEAT VARIETIES

A. V. Razuvaeva [1], A. A. Kiseleva [1,2], N. E. Korotaeva [3], G. B. Borovskii [3], E. A. Salina [1,2], A. V. Fedyaeva [1]*

[1] ICG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[2] KGC ICG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[3] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: *CBF* gene, cold tolerance, wheat

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является одной из самых возделываемых зерновых культур. На настоящий момент наиболее изученным сигнальным путем холодовой акклиматизации считается ICE1–CBF-COR сигнальный путь. Целью исследования являлся сравнительный анализ экспрессии генов семейства *CBF* в яровом и озимом сортах мягкой пшеницы западносибирской селекции в ответ на воздействие низкими положительными и отрицательными температурами, а также оценка морозоустойчивости растений озимой пшеницы. В данной работе была исследована динамика транскрипции четырех генов семейства *CBF* (*TaCBFIIId-A19, TaCBFIIId-15.2, TaCBFIVb-D21* и *TaCBF16b*) в узлах кущения пшеницы в условиях холодового стресса методом обратной транскрипции с количественной ПЦР в реальном времени. Среди проанализированных генов наибольшее изменение в уровне экспрессии в ответ на холодовое воздействие продемонстрировал ген *TaCBFIIId-A19*. Также были обнаружены принципиальные различия в динамике ответа на холодовой стресс ярового и озимого сортов пшеницы. Так, на первом этапе закаливания озимый сорт демонстрировал более высокие уровни экспрессии генов *CBF* в сравнении с яровым сортом. А при воздействии небольшими отрицательными температурами на втором этапе закаливания более выраженное повышение экспрессии всех четырех генов *CBF* наблюдалось у ярового сорта. Полученные данные могут быть использованы при разработке молекулярных маркеров для селекции на морозоустойчивость и свидетельствуют о различиях в стратегиях холодовой акклиматизации яровых и озимых сортов пшеницы.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-00117 (https://rscf.ru/project/25-24-00117/).

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТОПРАЙМИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ *TRITICUM AESTIVUM* (L.)

Н. А. Роденко, О. В. Бледных, А. Д. Ливанова, Т. И. Васильева*, В. А. Глущенков

СамНЦ РАН, Самара, Россия

**vastaty@rambler.ru*

Ключевые слова: биометрические показатели, засуха, пшеница мягкая, импульсное магнитное поле, индукция

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF MAGNETOPRIMING USING MAGNETIC PULSE TREATMENT TO ENHANCE DROUGHT TOLERANCE IN SOFT WHEAT *TRITICUM AESTIVUM* (L.)

N. A. Rodenko, O. V. Blednyh, A. D. Livanova, T. I. Vasilyeva*, V. A. Glushchenkov

SamSC RAS, Samara, Russian Federation

Keywords: biometric indicators, drought, soft wheat, pulsed magnetic field, induction

Засуха, индуцирующая осмотический стресс, лимитирует рост и снижает продуктивность мягкой пшеницы *Triticum aestivum* (L.), поэтому повышение адаптации культуры к засухе представляет актуальную задачу физиологии растений для регионов с изменяющимся климатом. Цель работы – оценить влияние обработки семян импульсным магнитным полем (ИМП) высокой напряженности на морфофизиологические параметры проростков при имитации почвенной засухи.

Семена пшеницы обрабатывали на установке МИУ-БИО-5 (многовитковый индуктор, частота 15,7 кГц, индукция 1,4–3,6 Тл). Осмотический стресс имитировали растворами ПЭГ 4000 с концентрациями 5 %, 10 %, 15 %. Реакцию проростков оценивали по длине корней и побегов после обработки ИМП.

В первой серии экспериментов определена оптимальная индукция ИМП B = 2,2 Тл, при которой у трехсуточных проростков пшеницы был зафиксирован максимальный прирост: побегов на 72 %, корней на 78 %, общей длины проростков на 68 % относительно контроля. Во второй серии экспериментов с B = 2,2 Тл при имитации засухи (ПЭГ 4000) подобрано оптимальное число импульсов (n = 5, 9, 10) время между импульсами 3 с. Обработка семян *Triticum aestivum* (L.) в режимах с заданным количеством импульсов обеспечила статистически значимое увеличение всех морфометрических показателей шестисуточных проростков, подвергаемых действию моделируемой засухи.

Полученные данные свидетельствуют о перспективности применения магнитно-импульсной обработки для стимуляции семян с целью повышения адаптационного потенциала пшеницы к воздействию почвенной засухи.

Работа выполнена сотрудниками лаборатории «Биоинженерия» в рамках государственного задания Минобрнауки России для СамНЦ РАН по теме FMRW-2025-0043.

БИОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОФИЛЯ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ВОЗРАСТНЫХ ФРАКЦИЯХ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

И. М. Романова*, И. А. Граскова

СИФИБР, Иркутск, Россия

**irina170885@mail.ru*

Ключевые слова: вегетационный период, возраст хвои, жирные кислоты, *Pinus sylvestris* L.

BIOCHEMICAL ANALYSIS OF THE FATTY ACID PROFILE IN THE AGE FRACTIONS OF THE PINUS SYLVESTRIS NEEDLES

I. M. Romanova*, I. A. Graskova

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: vegetation period, needles age, fatty acids, *Pinus sylvestris* L.

Под воздействием неблагоприятных факторов в растительном организме происходит изменение липидного и жирнокислотного состава клеточных мембран, что является маркером физиолого-биохимического состояния растения. Используя метод газожидкостной хроматографии, проведен анализ содержания жирных кислот в тканях хвои сосны обыкновенной в течение вегетационного периода, произрастающей на территории пос. Большой Луг Шелеховского района. Идентифицирована 21 жирная кислота с длиной цепи от 14 до 22 атомов углерода. Основными жирными кислотами являются – пальмитиновая, олеиновая, линолевая, α-линоленовая, пиноленовая кислоты.

Высокое количество пальмитиновой кислоты отмечено в весенний период, наблюдается резкое увеличение содержания в хвое первого года в марте, в хвое второго года увеличение отмечено в феврале-марте, в хвое третьего года – данный процесс менее выражен. Наибольшее количество олеиновой кислоты отмечается в весенний период, что обусловлено активной работой Δ-9 десатуразы. Отмечена обратная зависимость между содержанием кислоты и возрастом хвои: с увеличением возраста хвои количество кислоты снижается.

Высокое содержание линолевой кислоты в весенне-летний период, обусловлено участием кислоты в построении клеточных мембран и метаболических процессах в целом, в зимний – участием в сохранении текучести клеточных мембран.

Пиноленовая кислота в больших количествах содержится в осенний и зимний периоды, что связано с участием кислоты в повышении устойчивости растения к отрицательным температурам. С увеличением возраста выявлено увеличение содержания количества данной кислоты.

Содержание α-линоленовой кислоты в течение всего исследуемого периода находилось на высоком уровне. С возрастом количество кислоты повышается.

В зимний период содержание арахиновой кислоты выше 1–2 %, в теплое время года – не превышает 1 %. Также отмечено высокое содержание бегеновой кислоты, в весенне-летний периоды количество кислоты в пробах хвои 1-го и 2-го годов уменьшается, в хвое 3-го года содержание держится на постоянном уровне в течение года.

ЭФФЕКТ НОКАУТИРОВАНИЯ КАРБОАНГИДРАЗ ХЛОРОПЛАСТОВ αКА1, βКА1 И αКА4 В РАСТЕНИЯХ *ARABIDOPSIS THALIANA* В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА

Н. Н. Руденко*, М. Ю. Рупперт, Е. М. Надеева, Л. К. Игнатова, М. А. Козулёва, Б. Н. Иванов

ИФПБ РАН ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, Россия

**nataliacherry413@gmail.com*

Ключевые слова: фотосинтез, хлоропласты, карбоангидраза, интенсивность света

EFFECT OF THE KNOCKOUT OF CHLOROPLAST CARBONIC ANHYDRASES αCA1, βCA1 AND αCA4 IN *ARABIDOPSIS THALIANA* PLANTS UNDER HIGH LIGHT CONDITIONS

N. N. Rudenko*, M. Yu. Ruppert, E. M. Nadeeva, L. K. Ignatova, M. A. Kozuleva, B. N. Ivanov

IBBP RAS PSCBR RAS, Pushchino, Russian Federation

Keywords: photosynthesis, chloroplasts, carbonic anhydrase, light intensity

Карбоангидразы (КА, КФ 4.2.2.1) – ферменты, катализирующие обратимую гидратацию углекислого газа с образованием бикарбоната и протона. Установлено присутствие в строме хлоропластов нескольких изоформ КА: αКА1 и βКА1, а также αКА4 – в гранальных тилакодных мембранах. Несмотря на то что основным субстратом катализируемой КА реакции является неорганический углерод, ключевым фактором, регулирующим экспрессию генов, кодирующих хлоропластные КА, выступает интенсивность света – именно она влияет на активацию или подавление отдельных генов КА. С использованием мутантов *Arabidopsis thaliana* с нокаутированными генами, кодирующими αКА1 и βКА1 (αКА1-КО и βКА1-КО), выращенными при низкой (50–70 мкмоль квантов $м^{-2}с^{-1}$) и при высокой интенсивности света (400 мкмоль квантов $м^{-2}с^{-1}$) обнаружено, что скорость ассимиляции CO_2, определенная в условиях возрастания интенсивности света в камере измерения от 50 до 1600 мкмоль квантов $м^{-2}с^{-1}$ была ниже в мутантных растениях обеих линий, чем в диком типе (ДТ) при 400 мкмоль квантов $м^{-2}с^{-1}$ и выше. Устьичная проводимость при этом была существенно выше в αКА1-КО и βКА1-КО, чем в ДТ, что, по-видимому, является одним из механизмов компенсации мутантными растениями отсутствия стромальных КА. Обнаруживаемые различия в величинах ΔpH на тилакоидной мембране в этих мутантах также возрастали при увеличении интенсивности света при измерении – в βКА1-КО этот параметр был выше, а, в αКА1-КО – ниже, чем в ДТ. У растений *A. thaliana* с нокаутированным геном *αКА4* (αКА4-КО) наблюдалось снижение значения энергозависимой составляющей нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла *a*, а также снижение градиента pH через тилакоидную мембрану по сравнению с растениями ДТ, усиливавшиеся с ростом интенсивности света во время измерений. Помимо этого, у растений αКА4-КО наблюдалось ухудшение процессов, связанных с защитой от фотоингибирования, в условиях высокой освещенности по сравнению с ДТ.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (№ 25-24-01078).

ОСОБЕННОСТИ ПУТЕЙ БИОСИНТЕЗА АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ТКАНЯХ *MALUS BACCATA* НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ ПЛОДОВ

А. В. Рудиковский, З. О. Ставицкая*, Л. В. Дударева, Е. Г. Рудиковская

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**stavitskaya.zlata@gmail.com*

Ключевые слова: аскорбиновая кислота, *M. baccata, M. domestica, «фидинг»*

PECULIARITIES OF PATHWAYS OF ASCORBIC ACID BIOSYNTHESIS IN TISSUES *MALUS BACCATA* AT DIFFERENT STAGES OF FRUIT DEVELOPMENT

A. V. Rudikovskii, Z. O. Stavitskaya*, L. V. Dudareva, E. G. Rudikovskaya

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: ascorbic acid, *M. baccata, M. domestica, «feeding»*

Аскорбиновая кислота (АК) является важным полифункциональным вторичным метаболитом растительных тканей. Основным путем синтеза АК у большинства растений, включая *M. domestica* (Suckow) Borkh., считается путь Смирнова-Уилера (галактозный путь). Для ряда растений показаны дополнительные пути: гулозный, миоинозитольный и галактуроновый (путь «подхвата» пектина). Для увеличения АК в зрелых плодах *M. domestica* в качестве донора используют *M. baccata* (L.) Borkh. Метаболические особенности плодов *M. baccata*, обеспечивающие накопление высокого содержания АК, практически не изучены. Целью работы был сравнительный анализ участия дополнительных путей биосинтеза в накоплении АК в тканях *M. baccata*. В качестве объекта исследования были использованы плоды *M. baccata*, ее гибридов F1 – сортов Добрыня, Ранетка пурпуровая, Пальметта, *M. domestica* – сортов Чудное и Раннее Болоняева. Плоды отбирали на 50-й день после образования завязи и на стадии биологической зрелости. Для достижения цели был использован метод «фидинга» («feeding»). Кожицу и мякоть инкубировали с предшественниками каждого метаболического пути синтеза АК. После инкубации содержание АК измеряли методом микроколоночной ВЭЖХ. Основным путем синтеза АК в тканях всех исследованных генотипов являлся путь Смирнова-Уилера. Также достоверно установлена возможность функционирования галактуронового и миоинозитольного путей в кожице и мякоти плодов на разных этапах развития. Добавление соответствующих метаболитов увеличивало содержание АК в тканях плодов. В отдельных случаях было обнаружено снижение содержания АК в ответ на добавление предшественников в среду инкубации. Это может свидетельствовать о существовании динамического лимита содержания АК в тканях, либо об активации процессов, требующих тех же субстратов, что и синтез АК. Иными словами, в природных условиях ткани кожицы и мякоти изученных генотипов ограничены в ресурсе предшественников синтеза АК. Полученные результаты позволяют предположить, что дополнительные пути биосинтеза АК могут быть одной из причин ее высокого содержания в плодах *M. baccata* и ее гибридов F1 – сортов Добрыня и Ранетка пурпуровая.

Работа была выполнена в рамках государственного задания 0277-2025-0006, рег. № НИОКТР – 125021902487-9.

МНОЖЕСТВЕННЫЕ ПУТИ ИНФИЦИРОВАНИЯ ЛИСТА ГРЕЧИХИ ТАТАРСКОЙ КОНИДИЯМИ *BOTRYTIS CINEREA*

Н. И. Румянцева*, Ю. А. Костюкова, М. В. Агеева

КИББ ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

**nat_rumyantseva@mail.ru*

Ключевые слова: *Botrytis cinerea,* конидии, *Fagopyrum tataricum*, лист

MULTIPLE INFECTION ROUTES OF CONIDIA *BOTRYTIS CINEREA* IN *TARTARY BUCKWHEAT* LEAVES

N. I. Rumyantseva*, Yu. A. Kostyukova, M. V. Ageeva

KIBB, FRC Kazan Scientific Center of RAS, Kazan, Russian Federation

Keywords: *Botrytis cinerea*, conidia, *Fagopyrum tataricum,* leaf

Botrytis cinerea является значимым фитопатогеном, вызывающим существенные потери урожая гречихи. Работы по изучению взаимодействия этого патогена с представителями рода *Fagopyrum* единичны, а для гречихи татарской *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. отсутствуют. Целью настоящего исследования было выявление закономерностей инфицирования листьев *F. tataricum* конидиями *B. cinerea* и характеристика клеточного ответа растения в условиях *in vivo* и *in vitro*.

Штамм *B. cinerea* YA1 был получен из музея КФУ. *In vivo,* исследования проводили на листьях растений *F. tataricum*, выращенных в условиях вегетационной площадки, а также листьях растений в условиях влажной камеры. Исследования *in vitro* проводили на листьях, отсеченных с черешками и участком стебля, культивируемых на агаризованной среде МС или водопроводной агаризованной воде. При инфицировании растений конидии наносили на адаксиальную сторону листа каплей объемом 5 мкл и плотностью суспензии $3 \cdot 10^6$ конидий/мл. Гистологические и электронно-микроскопические исследования проводили по общепринятой методике на 2–7-е сут после инфицирования. Установлено, что степень инфицирования *in vivo* определяется высокой влажностью воздуха и оптимальным температурным диапазоном, тогда как *in vitro* (23–24 ºС, ~100 % влажности) существенное влияние оказывает состав питательной среды. Независимо от условий, основными симптомами поражения листьев растений являются хлороз и некроз; в условиях *in vitro* на агаризованной воде наблюдается более выраженное развитие хлорофиллдефектных зон и мягкой гнили.

Показано, что проникновение патогена в ткани листа реализуется множественными путями: через устьица, вследствие локального лизиса кутикулы, по антиклинальным клеточным стенкам эпидермиса, с участием апрессориев и инфекционных гиф. Секреторные трихомы проявляют повышенную устойчивость к инфицированию по сравнению с несекреторными.

Впервые установлено, что инфекционные гифы *B. cinerea* способны распространяться не только субкутикулярно и по межклеточному пространству мезофилла, но и по элементам проводящей системы листа, что способствует ускоренному распространению инфекции. Ответ тканей как *in vivo,* так и *in vitro* сопровождается накоплением полисахаридов в ксилеме, что может отражать участие проводящей системы в защитных реакциях растения.

АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ РЕЛИКТОВЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ЮЖНОЙ ГРАНИЦЫ АРЕАЛА

М. В. Рябухина [1]*, З. Н. Рябинина [2], К. В. Крутовский [3,4]

[1] ЭКЦ МВД РФ, Москва, Россия
[2] ФНЦ БСТ РАН, Оренбург, Россия
[3] ИОГен РАН, Москва, Россия
[4] Гёттингенский университет им. Георга Августа, Гёттинген, Германия

**Marija-rjabuhina@mail.ru*

Ключевые слова: аминокислотный состав, хвоя, адаптация, индикатор, сосна

AMINO ACID COMPOSITION OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) NEEDLES AS AN INDICATOR OF ECOLOGICAL ADAPTATION OF RELICT POPULATIONS ON THE SOUTHERN BORDER OF THE AREA

M. V. Ryabukhina [1], Z. N. Ryabinina [2]*, K. V. Krutovsky [3,4]

[1] Forensic Science Center, Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
[2] Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation
[3] N. I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Federationn Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
[4] Georg-August University of Göttingen, Göttingen, Germany

Keywords: amino acid composition, needles, adaptation, indicator, pine

The amino acid composition of needles of Scots pine (*Pinus sylvestris*) of different ages was studied in the Alandsky, Alexandriisky, and Bolotovsky relict pine forests of the Orenburg Region, located at the southern boundary of the species range. These marginal populations experience strong environmental constraints that influence physiological condition and adaptive responses. Needles from four age classes (1–4 years) were analyzed in 60 trees (15 per age group) evenly distributed across populations. The relative content of key amino acids was determined using capillary electrophoresis. Statistical analysis included Spearman's rank correlations and significance testing.

The results showed that amino acid composition is a sensitive indicator of adaptive processes. Needle age significantly influenced metabolic structure, reflecting a shift from growth-related to stress-adaptive strategies. Specifically, protein metabolism amino acids decreased with age (valine $r = –0,65$; leucine + isoleucine $r = –0,63$; $p < 0,01$), while compounds associated with secondary metabolism increased (phenylalanine $r = 0,42$; $p < 0,05$). Stable metabolic modules were identified, including protein synthesis ($r = 0,91–0,97$), stress response (methionine–proline $r = 0,96$), and nitrogen redistribution (arginine–phenylalanine $r = –0,87$; $p < 0,001$).

Population-specific differences were observed: the Bolotovsky forest exhibited the strongest stress-adaptive profile, whereas the Alandsky forest showed greater metabolic stability. Overall, needle amino acid composition serves as an informative biochemical indicator of ecological state and resilience in Scots pine populations at the range margin.

РОЛЬ МЕТИЛИРОВАНИЯ ПРОМОТОРОВ ГЕНОВ ИЗОФЕРМЕНТОВ ФУМАРАТГИДРАТАЗЫ В РЕГУЛЯЦИИ ИХ ТРАНСКРИПЦИИ В ЛИСТЬЯХ ПОДСОЛНЕЧНИКА ПРИ ЗАСОЛЕНИИ

О. В. Сазонова [1,2]

[1] ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, Воронеж, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж, Россия

oksana_ragik@mail.ru

Ключевые слова: Засоление, метилирование, подсолнечник, транскрипция, фумаратгидратаза

THE ROLE OF PROMOTER METHYLATION OF FUMARASE ISOZYME GENES IN THE REGULATION OF THEIR TRANSCRIPTION IN SUNFLOWER LEAVES UNDER SALINITY

O. V. Sazonova [1,2]

[1] Voronezh State Agrarian University, Voronezh, Russian Federation
[2] Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

Keywords: Salinity, methylation, sunflower, transcription, fumarase

Засоление – один из ключевых абиотических стрессов, ограничивающих продуктивность подсолнечника. Адаптация растений к соли включает перестройку метаболизма, в частности работу цикла трикарбоновых кислот. Фумаратгидратаза (ФГ) – ключевой фермент ЦТК, представленный у подсолнечника двумя изоферментами. Малоизученной является роль эпигенетических механизмов, в частности степени метилирования промоторов генов фумаратгидратазы подсолнечника в регуляции их транкрипции при засолении.

Объектом исследования являлись листья 14-дневных проростков подсолнечника (*Helianthus annuus* L., сорт Флагман). Солевой стресс индуцировали переносом проростков без корневой системы в раствор 150 мМ NaCl на 1, 3, 6, 12 и 24 ч. Контролем служили растения, выращенные на дистиллированной воде. В листьях после эксперимента по засолению определяли: 1) суммарную активность ФГ спектрофотометрическим методом; 2) относительный уровень транскриптов генов изоферментов ФГ методом ПЦР в реальном времени с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР-РВ); 3) статус метилирования CpG-динуклеотидов в промоторных регионах методом полуколичественной метилспецифической ПЦР.

При действии 150 мМ NaCl активность фумаразы возрастала в 5 раз к 6 ч, затем снижалась после 12 ч. Эти изменения обусловлены транскрипционной регуляцией генов *Fum1* и *Fum2*. Уровень метилирования CpG в промоторах коррелировал с экспрессией: более высокое метилирование соответствовало более низкому содержанию транскриптов. Предполагается, что засоление регулирует экспрессию митохондриальной и цитозольной фумаразы через изменения метилирования отдельных CpG в их промоторах.

ВЛИЯНИЕ МОЛИБДЕНА НА АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ПШЕНИЦЕ И ЯЧМЕНЕ

А. С. Сату, К. Д. Кумаргазы, М. К. Бейсекова *

ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан

**mk.beisekova@gmail.com*

Ключевые слова: ячмень, каталаза, молибден, окислительный стресс, пшеница

EFFECT OF MOLYBDENUM ON CATALASE ACTIVITY IN WHEAT AND BARLEY

A. S. Satu, K. D. Kumargazy, M. K. Beisekova *

L. N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan

Keywords: barley, catalase, molybdenum, oxidative stress, wheat

Several stress factors, including salinity, drought, and soil pollution with heavy metals, lead to inhibited growth and decline in cereal crop yield.

Molybdenum (Mo) is represented as a trace element essential for living organisms. In soils, either Mo exists primarily in the form of molybdate ions (MoO_4^{2-}). In plant metabolism, Mo takes part as a catalytic component of several essential enzymes. Recently, the application of Mo showed a beneficial effect on plant development. It includes increasing photosynthetic efficiency, promoting plant growth, and enhancing antioxidative activity in a plant. The antioxidative defence system is a key system in acclimation to high accumulation of ROS.

One of the enzymes of the antioxidant system is catalase. It plays a crucial role in cellular defense, breaking down hydrogen peroxide (H_2O_2) into water and molecular oxygen.

In this study, cultivars of wheat and barley were used, including the “Astana” cultivar of wheat and the “Baysheshek” cultivar of barley. For molybdenum treatment, 10 mM and 30 mM solutions of molybdate were used.

Mo treatments increased CAT activity compared to control in wheat and barley. CAT activity in the “Astana” cultivar of wheat increased with the rise of molybdate concentration applied. It was a rise to 58 % and 80 % under 10 mM and 30 mM molybdate, respectively. While in one of the main grain crops, barley, Mo treatments increased CAT activity compared to the control by 24 % and 16 %, at 10mM and 30 mM molybdate, respectively.

This study shows important data that can be used for a better understanding of the use of molybdenum for agriculturally significant cereal crops, wheat and barley. Both crop cultivars showed similar results. However, the relative intensity of CAT activity in the “Astana” cultivar of wheat demonstrated higher numbers under Mo treatment. These results show that molybdenum application can enhance wheat and barley tolerance to environmental stress conditions. Therefore, molybdenum addition in moderate concentration may improve stress tolerance and physiological parameters of wheat, barley and other crop plants.

In conclusion, molybdenum is an important element for the root system and softens the antioxidant system, thereby stimulating the resistance of protective mechanisms.

This research was partially funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan, grant number AP22685648.

ВЛИЯНИЕ АБК НА СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АУКСИНОВ В ТКАНЯХ РАСТЕНИЙ АРАБИДОПСИСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РАСТЕНИЙ К ЭТИЛЕНУ И ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАСОЛЕНИЯ

А. О. Севостьянова*, А. В. Коробова, Г. Р. Ахиярова, Г. Р. Кудоярова

УИБ УФИЦ РАН, Уфа, Россия

**anka.sevostyanova@yandex.ru*

Ключевые слова: *Arabidopsis thaliana*, АБК, ИУК, натрий-хлоридное засоление, этилен

EFFECT OF ABA ON THE CONTENT AND DISTRIBUTION OF AUXINS IN THE TISSUES OF ARABIDOPSIS PLANT DEPENDING ON THE SENSITIVITY OF PLANT TO ETHYLENE AND UNDER THE INFLUENCE OF SALINITY

A. O. Sevostyanova*, A. V. Korobova, G. R. Akhiyarova, G. R. Kudoyarova

UIB UFRC RAS, Ufa, Russian Federation

Keywords: *Arabidopsis thaliana*, ABA, ethylene, IAA, sodium chloride salinization

Адаптация растений к засолению требует координации гормональных систем, однако механизмы влияния АБК на распределение ауксинов в тканях арабидопсиса в зависимости от чувствительности растений к этилену остаются мало изученными.

Объекты – растения *Arabidopsis thaliana* родительского экотипа Columbia (Col) и нечувствительные к этилену мутанты *etr1-1*. В возрасте 3 недель в 10%-ный раствор Хогланда-Арнона вводили NaCl или АБК до конечной концентрации 150 мМ и 10 мМ, соответственно. Засолению подвергали ежедневно в течение 3 ч. Через 3 дня ткани побегов и корней фиксировали для определения содержания АБК и ИУК. На четвертые сутки измеряли показатели роста.

Растения Col проявили адаптивную ростовую реакцию на NaCl, снижающую поверхность для поглощения токсичных ионов: ингибирование накопления массы корней у них было выражено сильнее, чем у мутантов. Уменьшение массы корней у Col было связано с подавлением удлинения боковых корней, что, вероятно, стало следствием снижения ИУК в кончиках корней. При этом уровень АБК у испытавших засоление растений Col был выше, чем в контроле. Экзогенная АБК также вызывала снижение ауксинов в корнях Col и подавление их ветвления. По данным литературы, АБК способна ингибировать полярный транспорт ИУК, нарушая градиент ауксинов, необходимый для роста боковых корней.

У мутантов *etr1-1* накопления АБК в растениях не происходило, рост боковых корней не изменялся. Содержание ИУК в кончиках корней снижалось под влиянием NaCl, однако, согласно более ранним данным, не могло повлиять на рост корней из-за отсутствия чувствительности к этилену. В экспериментах с экзогенной АБК мы не зарегистрировали изменения содержания ИУК в целых корнях, и ветвление корней не менялось.

Можно предполагать, что для адаптации к засолению важна чувствительность к этилену. При нормальном этиленовом сигналинге АБК выполняет рост-регулирующую функцию, вовлекая ауксиновый сигнал. У мутантов *etr1-1* эта связь нарушена.

Исследование выполнено при поддержке РНФ (№ 25-24-00499 от 28.12.2024).

НЕЛИСТОВОЙ ФОТОСИНТЕЗ В ТКАНЯХ ПЛОДОВ КАК АДАПТИВНАЯ СТРАТЕГИЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ

Г. Н. Смоликова [1]*, Н. В. Степанова [2], А. М. Камионская [2], С. С. Медведев [1]

[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
[2] Институт биоинженерии им. К. Г. Скрябина ФГУ ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия

**g.smolikova@spbu.ru*

Ключевые слова: PAM-флуориметрия, *Pisum sativum*, плоды, созревание семян, фотосинтез

NON-FOLIAR PHOTOSYNTHESIS IN POD TISSUES AS AN ADAPTIVE STRATEGY FOR MAINTAINING PLANT PRODUCTIVITY

G. N. Smolikova [1]*, N. V. Stepanova [2], A. M. Kamionskaya [2], S. S. Medvedev [1]

[1] Saint-Petersburg University, Saint-Petersburg, Russian Federation
[2] Federal State Institution Federal Research Centre “Fundamentals of Biotechnology” RAS, Moscow, Russian Federation

Keywords: PAM-fluorometry, *Pisum sativum*, pods, seed maturation, photosynthesis

Нелистовой фотосинтез в тканях плодов представляет собой важную адаптивную стратегию, позволяющую поддерживать продуктивность растений в условиях абиотических стрессоров, когда эффективность фотосинтеза в листьях снижается. При засухе плоды растений теряют меньше воды, чем листья, благодаря толстой кутикуле и малому числу устьиц в покровных тканях (перикарпий). При этом, известно, что фотосистемы в клетках плодов более устойчивы к высоким температурам, а присутствие больших количеств антоцианов и флавоноидов служит защитой от УФ радиации. Основным механизмом поддержания продуктивности служит фиксация CO_2, выделяемого митохондриями при дыхании, что компенсирует снижение фиксации атмосферного CO_2 листьями при стрессе. Синтез запасных питательных веществ при созревании семян требует значительного количества НАДФН и АТФ для превращения сахарозы, поступающей от материнского растения, в триозы и далее в ацетил-КоА, который используется для синтеза жирных кислот. Поэтому наличие в клетках плодов хлоропластов с работающими фотосистемами, а также собственной Рубиско, которая позволяет фиксировать дополнительные количества CO_2, обеспечивает в формирующихся семенах альтернативные метаболические пути для более эффективного использования ассимилятов материнского растения. В докладе будут обсуждаться особенности нелистового фотосинтеза в тканях перикарпия, кожуры и семядолей гороха (*Pisum sativum*). Оценку фотохимической активности проводили при помощи PAM-флуориметрии. Активность Рубиско изучали путем анализа экспрессии генов, которые кодируют шаперонины Cpn60α и Cpn60β, а также генов, кодирующих активазу Рубиско (RCA) и фосфорибулокиназу (PRK).

Исследование выполнено при поддержке гранта Санкт-Петербургского научного фонда № 25-РБ-06-37.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КУЛЬТУРЫ ТКАНЕЙ *IN VITRO* В СЕЛЕКЦИИ ГОРОХА НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ

Г. В. Соболева [1], А. Н. Соболев [2]*

[1] ФГБНУ ФНЦ ЗБК, Орел, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ОГУ им. И. С. Тургенева», Орел, Россия

**alniksobolev@rambler.ru*

Ключевые слова: горох, засухоустойчивость, морфотип, *in vitro*

USING *IN VITRO* TISSUE CULTURE IN PEA BREEDING FOR DROUGHT RESISTANCE

G. V. Soboleva [1], A. N. Sobolev [2]*

[1] FSBSI FSC LGC, Orel, Russian Federation
[2] Orel State University, Orel, Russian Federation

Keywords: peas, drought-resistance, morphotype, *in vitro*

Современные сорта гороха интенсивного типа обладают потенциальной биологической урожайностью 5–6 т/га. Основным абиотическим стрессором, влияющим на реализацию потенциальной продуктивности, является воздушная и почвенная засуха. Для дальнейшего прогресса в селекции гороха предлагается повысить биоэнергетический потенциал растений. Перспективным материалом для этого направления селекции могут служить листовые мутанты гороха.

Цель исследований заключалась в сравнительной оценке засухоустойчивости образцов гороха с измененной архитектоникой листового аппарата в селективных системах *in vitro* и получении растений-регенерантов. Материалом служили каллусы образцов листочкового, усатого, усатолисточкового, рассеченнолисточкового и многократно непарноперистого морфотипов гороха.

В результате исследований показана возможность дифференциации образцов гороха по осмоустойчивости в селективных системах *in vitro* с ПЭГ-6000(15 %). Значение индекса роста каллуса (ИРК) в опыте изменялось от 22,1 до 59,5 %. Сравнительный анализ показал, что наибольшей резистентностью характеризовались образцы с многократно непарноперистым типом листа. ИРК в среднем по группе составил 52,5 %. Достаточно высокий уровень устойчивости продемонстрировали образцы рассеченнолисточкового морфотипа (ИРК = 40,4 %). Наиболее чувствительными к осмотическому стрессу оказались генотипы усатого морфотипа. Анализ эффективности побегообразования из осмоустойчивых каллусов и формирования фертильных растений-регенерантов показал превосходство листочковых образцов. В результате получен засухоустойчивый, листочковый, белоцветковый сорт гороха Столетник, внесенный в Госреестр селекционных достижений и допущенный к использованию в Центрально-Черноземном и Северо-Кавказском регионах.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания FGZZ-2025-0011.

ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ СОРТОВ МЯГКОЙ И ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ

М. С. Содикзода*, З. М. Хамрабаева, М. М. Якубова

Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

**sodikzoda93@mail.ru*

Ключевые слова: пшеница, рост и развитие, солеустойчивость, хлоридное засоление

THE EFFECT OF CHLORIDE SALINITY ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SOFT AND DURUM WHEAT SEEDLINGS

M. S. Sodikzoda*, Z. M. Khamrabaeva, M. M. Yakubova

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

Keywords: wheat, chloride salinity, salt tolerance, growth and development

В большинстве стран мира засоленные почвы широко распространены. Они занимают почти четверть площади суши, а также половину всех орошаемых земель, и площадь засоленных территорий постоянно увеличивается. Республика Таджикистан не является исключением, в настоящее время здесь более 20 % орошаемых земель засолены, а 40–50 % земель находятся под угрозой засоления. По качественному составу солей засоленные почвы Республики Таджикистан очень разнообразны, здесь отмечены типы хлоридного, сульфатно-хлоридного, хлоридно-сульфатного, сульфатного, карбонатного и нитратного засоления почв. Среди них хлоридное засоление является наиболее токсичным и занимает первое место по площади.

Все эксперименты проводились на кафедре биохимии в лабораторных условиях в 3-кратной повторности. Семена сортов пшеницы проращивали в чашках Петри при температуре 25 ºС в термостате в течение недели. Результаты показали, что у сортов твердой пшеницы *Triticum durum* Desf. Ориён и Сомони, по сравнению с контрольным вариантом, в среде с 0,5 М NaCl на 3-й день эксперимента всходов было практически одинаковое количество – на уровне 57–58 % соответственно. На 7-й день всхожесть зерен достигла 63 %, а у сортов мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. Ватан и Лалмикор 2 на 3-й день эксперимента всходов было 17 и 42 %, а на 7-й день всхожесть зерен составила 27 и 47 % соответственно. В целом в условиях солевого стресса сорт Лалмикор 2 увеличил всхожесть по сравнению с контрольным вариантом на 147 и 113 % на 3-й и 7-й дни проращивания и показал высокую устойчивость.

Установлено, что под воздействием хлоридного засоления длина корней исследуемых сортов уменьшилась на 36 и 40 % соответственно у мягкой пшеницы сортов Ориён и Сомони, и на 17 и 25 % у твердой пшеницы сортов Ватан и Лалмикор 2. Влияние 0,5 М концентрации NaCl на длину побегов исследуемых сортов также было отрицательным, в частности, у мягкой пшеницы сортов Ориён и Сомони данный показатель снизился на 15 и 18 %, а у твердой пшеницы сортов Ватан и Лалмикор 2 на 16 и 41 % соответственно по сравнению с контролем.

Таким образом, можно заключить, что в условиях хлоридного засоления сорта мягкой пшеницы проявили относительную устойчивость.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ГЛИФОСАТА НА МОРСКУЮ БЕНТО-ПЛАНКТОННУЮ ДИАТОМОВОЮ ВОДОРОСЛЬ *THALASSIOSIRA EXCENTRICA*: ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ТЕСТ-ОБЪЕКТ ДЛЯ ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИБРЕЖНЫХ АКВАТОРИЙ

Е. С. Соломонова*, Н. Ю. Шоман, А. И. Акимов, О. А. Рылькова

ФИЦ ИнБЮМ, Севастополь, Россия

solomonov83@mail.ru

Ключевые слова: глифосат**,** микроводоросли, микроскопия, проточная цитомтерия, фотосинтетическая активность

EFFECT OF GLYPHOSATE ON THE MARINE BENTHIC-PLANKTONIC DIATOM *THALASSIOSIRA EXCENTRICA*: A PROMISING TEST OBJECT FOR ECOTOXICOLOGICAL MONITORING OF COASTAL WATERS

E. S. Solomonova*, N. Yu. Shoman, A. I. Akimov, O. A. Rylkova

IBSS, Sevastopol, Russian Federationn Federation

Keywords: glyphosate, microalgae, microscopy, flow cytometry, photosynthetic activity

В работе изучено влияние гербицида глифосата на микроводоросль *T. excentrica*. Установлено, что глифосат оказывает выраженное ингибирующее действие на рост культуры: при концентрации 25 мкг/л через 72 ч численность клеток снижается в 1,5 раза. Дальнейшее увеличение концентрации закономерно усиливает токсический эффект: концентрации выше 100 мкг/л приводят к полной остановке роста и последующей гибели культуры. Анализ продукции активных форм кислорода показал развитие окислительного стресса, причем негативное воздействие гербицида проявляется даже в низких концентрациях, превышая буферную емкость антиоксидантной защиты. Метаболическая активность клеток, оцененная по флуоресценции FDA, снижается при воздействии глифосата: с 109 отн. ед. в контроле до 37 и 21 отн. ед. при 150 и 200 мкг/л соответственно, что прямо свидетельствует о нарушении жизнеспособности клеток. Одновременно наблюдается снижение интенсивности флуоресценции хлорофилла (FL4), что указывает на уменьшение содержания фотосинтетических пигментов. Параметры фотосинтетической активности также закономерно снижаются: Fv/Fm уменьшается с 0,76 (контроль) до 0,21 при 200 мкг/л, а rETR – с 0,47до 0,14, что свидетельствует о повреждении реакционных центров фотосистемы II и нарушении транспорта электронов. Данные конфокальной микроскопии подтверждают деструктивные изменения – клетки утрачивают внутреннее содержимое, количество хлоропластов сокращается, выявлена деформация, фрагментация ядер, рассеивание хроматина, глифосат вызывает смещение митохондрий к периферии клетки на фоне выраженной вакуолизации цитоплазмы.Таким образом, цитотоксическое действие глифосата на *T. excentrica* реализуется через окислительный стресс, угнетение фотосинтеза и метаболической активности, а также через повреждение ядерной структуры и митохондриальную дисфункцию, что в совокупности приводит к подавлению роста и гибели культуры.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 26-26-20041.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ *LOBELIA ERINUS PENDULA* В УСЛОВИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО СТРЕССА

Ю. М. Сотникова*, А. С. Григориади, Р. Г. Фархутдинов

УУНиТ, Уфа, Россия

**sotnikova-bashedu@mail.ru*

Ключевые слова: декоративные растения, нефтяное загрязнение, фиторемедиация

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF *LOBELIA ERINUS PENDULA* UNDER HYDROCARBON STRESS

Yu. M. Sotnikova*, A. S. Grigoriadi, R. G. Farkhutdinov

UUNiT, Ufa, Russian Federation

Keywords: ornamental plants, oil pollution, phytoremediation

Нефть и нефтепродукты относятся к числу главных факторов загрязнения окружающей среды. Одним из ключевых методов эффективной доочистки почв от нефтяных углеводородов является фиторемедиация. Этот процесс важен не только для восстановления сельскохозяйственных земель, но и городских территорий, позволяя одновременно озеленять промышленные зоны. Цель данного исследования заключалась в изучении физиологических и биохимических параметров растений *Lobelia erinus pendula* в условиях почвенного загрязнения бензином.

Загрязнитель вносили в концентрации 4 % от массы почвы. Контролем являлись растения, выращенные на незагрязненной почве. При оценке влияния бензина на показатель всхожести семян лобелии наблюдалось незначительное снижение относительно контрольного варианта. При росте растений на почве, загрязненной бензином, через 30 сут средняя длина и сырая масса побегов соответствовала длине и сырой массе контрольных растений. На длину и сырую массу корней бензин оказал стимулирующее действие, при котором ростовые показатели опытных растений превышали контроль на 20 %. Была проведена оценка уровня фотосинтезирующих пигментов: у растений, произрастающих на загрязненной бензином почве хлорофилл *a* и хлорофилл *b* оставался на уровне контроля, уровень каротиноидов, относительно контроля, был снижен на 20 %. Наблюдалось также небольшое увеличение содержания белка в побегах и корнях опытных растений (на 10 % и на 15 % соответственно). Также было установлено снижение уровня активности фермента каталазы в листьях растения лобелии на 15 % и корнях на 20 % по сравнению с контролем. Выявленные изменения физиолого-биохимических параметров растений, выращенных в условиях загрязнения почвы бензином, может свидетельствовать о частичной стимуляции роста за счет легких фракций углеводородов, действующих как фитогормоны в низких концентрациях. Также известно, что небольшие дозы поллютантов могут увеличивать содержание общего белка, активируя синтез защитных белков. Незначительное снижение активности ферментов антиоксидантной системы и уровня фотосинтетических пигментов могут указывать на способность растений адаптироваться в условиях углеводородного стресса, что позволяет использовать *Lobelia erinus pendula* в рамках озеленения загрязненных городских территорий.

РОЛЬ ПЛАСТОХИНОНОВОГО ПУЛА И ЦИТОХРОМНОГО *b*$_6$*f*-КОМПЛЕКСА В ХОЛОДОВОЙ АККЛИМАЦИИ *ARCTOSTAPHYLOS UVA-URSI*

В. Е. Софронова
ИБПК СО РАН, Якутск, Россия
vse07_53@mail.ru

Ключевые слова: пластохиноновый пул, цитохромный комплекс *b*$_6$*f*

THE ROLE OF THE PLASTOQUINONE POOL AND CYTOCHROME *b*$_6$*f* COMPLEX IN COLD ACCLIMATION OF *ARCTOSTAPHYLOS UVA-URSI*

V. E. Sofronova
IBPC SB RAS, Yakutsk, Russian Federation

Keywords: plastoquinone pool, cytochrome *b*$_6$*f* complex

Вечнозеленый кустарник *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. играет важную роль в формировании мерзлотных биогеоценозов в циркумбореальных и альпийских экосистемах Якутии. Анализ сезонной динамики параметров PAM-флуорометрии и JIP-теста позволил выявить, что долговременная адаптация ФСII к длительному низкотемпературному стрессу сопровождается адаптивным увеличением вклада популяций ФСII с неактивными КВК и РЦ. На ранних стадиях холодового закаливания в сентябре снижение развития *qE* тушения сопровождается увеличением конститутивного тушения (параметра $\Phi_{f,\,D}$), замедлением переноса электронов от Q_A к Q_B, накоплением закрытых РЦ ФСII и ростом диссипации «избыточной» поглощенной энергии в этих центрах. Увеличение минимальной флуоресценции F_0 подразумевает усиление рекомбинации зарядов, связанной с обратным переносом электронов с Q_A^- на $P680^+$ через феофитин с образованием $^1P680^*$ и $^1O_2^*$. Ведущим фактором, вызывающим этот феномен, является перевосстановление пластохинонового (ПХ) пула, обусловленное дисбалансом между притоком электронов в ПХ пул за счет «линейного» (ЛЭТ) и циклического (ЦЭТ) транспорта электронов вокруг ФСI, и окислением $ПХН_2$ цитохромным *b*$_6$*f*-комплексом. Замедление ЛЭТ от ФСII к ФСI (фаза IP), предположительно, в результате усиления фотосинтетического контроля на уровне комплекса цитохрома *b*$_6$*f* выявлено уже на ранних стадиях холодового закаливания. При околонулевых температурах ЛЭТ от ФСII к ФСI полностью блокируется, что является стратегической адаптивной реакцией защиты ФСI. В этих условиях может наблюдаться снижение экспрессии генов, кодирующих компоненты цитохромного *b*$_6$*f*-комплекса. В первой половине октября при околонулевых и отрицательных температурах до –2…–5 ºС ЦЭТ вокруг ФСI с участием цитохромного *b*$_6$*f*-комплекса может обеспечить закисление люмена хлоропластов, необходимого для конститутивного накопления зеаксантина. Он является ключевым участником механизмов защиты ФСА от избыточного освещения и окислительного стресса в зимний и весенний периоды.

Исследование выполнено при поддержке Государственного задания Минобрнауки России по проекту «Физиолого-биохимические основы устойчивости и адаптации растений репрезентативных экосистем криолитозоны в изменяющемся климате» № 126021217284-2.

РНК-ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ В СИСТЕМЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ К ВИРУСНЫМ ПАТОГЕНАМ

Н. А. Спеченкова*, В. О. Самарская, Н. О. Калинина, М. Э. Тальянский
ГНЦ ИБХ РАН, Москва, Россия
**solanum@ibch.ru*

Ключевые слова: РНК-интерференция, вирусы, PVY, картофель

RNA INTERFERENCE IN PLANT RESISTANCE TO VIRAL PATHOGENS

N. A. Spechenkova*, V. O. Samarskaya, N. O. Kalinina, M. E. Taliansky
IBCh RAS, Moscow, Russian Federation

Keywords: RNA interference, viruses, PVY, potato

Повышение устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды, включая вирусные патогены, требует внедрения инновационных подходов. Одним из них является РНК-интерференция (РНКи), позволяющая селективно подавлять экспрессию генов вирусов и активировать защитные механизмы растения-хозяина.

В настоящей работе изучены защитные ответы картофеля (*Solanum tuberosum* L.) на внесение экзогенной двуцепочечной РНК (дцРНК), гомологичной участку генома Y-вируса картофеля (PVY). Обработка листьев дцРНК индуцирует механизм подавления экспрессии генов, известный как SIGS (spray-induced gene silencing). Опыты проводили на восприимчивом сорте Индиго, растения через 24 ч после нанесения PVY-специфичной дцРНК заражали вирусом. Показано, что в обработанных листьях накапливаются малые интерферирующие РНК – маркеры активации РНКи, а репликация вирусной РНК подавляется. Применение дцРНК против PVY приводило к эффективному ингибированию репликации вируса и в системно инфицированных листьях обработанных растений по сравнению с контрольными обработками (растения, обработанные дцРНК против неродственного вируса – PVS).

Предложенная нами стратегия защиты основана на дизайне дцРНК с использованием актуальных данных о генетическом разнообразии вариантов вирусов, распространенных в РФ. С целью выбора оптимальных мишеней для конструирования препаратов дцРНК, активных против большинства вариантов PVY, проведен биоинформатический анализ вариантов этого вируса в полевых образцах картофеля, отобранных в 2021–2024 гг. Синтезированные *in vivo* или *in vitro* дцРНК тестировали на модельных генах. Наиболее эффективной оказалась дцРНК, нацеленная на ген *HC-Pro* вируса: обработка ею растений снижала уровень репликации PVY на 80 %.

Применение экзогенной дцРНК представляет собой перспективную нетрансгенную стратегию защиты сельскохозяйственных культур от вирусных патогенов, которая может быть интегрирована в системы устойчивого земледелия.

Исследование выполнено при поддержке РНФ (РНФ № 23-74-30003).

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Impact of exogenous application of potato virus Y-specific dsRNA on RNA interference, pattern-triggered immunity and poly (ADP-ribose) metabolism / V. O. Samarskaya, N. Spechenkova, N. Markin, T. P. Suprunova, S. K. Zavriev, A. J. Love, N. O. Kalinina, M. Taliansky// IJMS. 2022. Vol. 23, N 14. Art. 7915. DOI: 10.3390/ijms23147915

КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ЗАСУХИ И ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ИНДУЦИРУЕТ ЗАЩИТНЫЕ РЕАКЦИИ ВИНОГРАДА ПРОТИВ ФИТОПАТОГЕНОВ

М. А. Сундырева*, Е. Г. Юрченко, Е. О. Луцкий, А. Е. Мишко, Н. В. Савчук, М. О. Баранов

ФГБНУ СКФНЦСВВ, Краснодар, Россия

mari.sundy@bk.ru

Ключевые слова: виноград, восприимчивость к фитопатогенам, засуха, защитные реакции, температурный стресс

COMBINED HEAT AND DROUGHT STRESS INDUCE GRAPEVINE DEFENSE RESPONSES

M. A. Sundyreva*, E. G. Yurchenko, E. O. Lutsky, A. E. Mishko, N. V. Savchuk, M. O. Baranov

FGBSO NCFSCHVW, Krasnodar, Russian Federation

Keywords: grapevine, drought, heat stress, susceptibility to phytopathogens, defense response

Изменения климата приводят к формированию специфических гидротермических условий, что влечет за собой изменения состояния растений и связанного с ним микробного сообщества. В период вегетации на растения винограда действует комплекс неблагоприятных экологических факторов, среди которых наибольший негативный эффект оказывают высокая температура, засуха и фитопатогены. Абиотические условия периода вегетации могут как положительно, так и отрицательно влиять на развитие патогенов в связи с особенностями физиологического ответа винограда на водный дефицит и температурные условия. Целью исследования было изучение защитных реакций винограда и развития фитопатогенов в полевых условиях и в моделируемых условиях абиотических стрессоров периода вегетации. Исследования проведены на двух сортах винограда – Рислинг и Бианка, инфицированных совместимыми патогенами *Plasmopara viticola* и *Alternaria alternate*, соответственно. Численность эпифитных микромицетов увеличивалась с увеличением неблагоприятных гидротермальных условий, в частности, при недостатке осадков и температуре выше многолетнего среднего значения. Восприимчивость сорта Рислинг к *P. viticola* была связана с подавлением большинства защитных генов при заражении в оптимальных условиях и в условиях засухи через 24 ч после инокуляции. Комбинированный абиотический стресс стимулировал высокий уровень экспрессии защитных генов, синтез винифирина, высокое содержание перекиси водорода и пероксидазную активность во время заражения *P. viticola*, что соответствовало минимальному ДНК патогена. Низкий уровень экспрессии PDF1, по-видимому, обусловливал устойчивость винограда к *A. alternata*. Паттерны экспрессии генов во время наименее эффективного заражения *A. alternata* были схожи у обоих сортов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда и Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № 25-14-20022.

ДЕГИДРИНЫ В АДАПТАЦИИ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ К ПРИРОДНЫМ УСЛОВИЯМ КРИОЛИТОЗОНЫ ЯКУТИИ

Т. Д. Татаринова*, И. В. Васильева, А. Г. Пономарев
ИБПК СО РАН, Якутск, Россия
**t.tatarinova@gmail.com*

Ключевые слова: *Betula pendula*, адаптация, дегидрины, криолитозона, низкие температуры

DEHYDRINS IN ADAPTATION OF SILVER BIRCH TO THE NATURAL CONDITIONS OF PERMAFROST ZONE OF THE YAKUTIA

T. D. Tatarinova*, I. V. Vasileva, A. G. Ponomarev
IBPC SB RAS, Yakutsk, Russian Federation

Keywords: *Betula pendula*, adaptation, dehydrins, cryolithozone, low temperatures

В устойчивости растений к холоду и их адаптации к абиотическим стрессовым факторам среды особую роль играют защитные белки-дегидрины, препятствующие потере клеткой воды за счет высокой гидрофильности и стабилизирующие клеточные структуры и мембраны. С использованием технологии иммунодетекции выявлены закономерности сезонных изменений состава стрессовых белков-дегидринов в годичном цикле березы повислой (*Betula pendula* Roth.), произрастающей в условиях экстремально холодного климата криолитозоны Якутии. При иммуноблоттинге со специфическими антителами в почках березы повислой идентифицированы мажорные дегидрины в интервале мол. масс 15–21 и 63–69 кД. Установлено, что изменения в составе и накопление в почках березы дегидринов наблюдаются осенью в предзимний период подготовки деревьев к покою (август-сентябрь). В годичном цикле березы наибольшим сезонным изменениям подвержены низкомолекулярные дегидрины (15–21 кД), их содержание возрастало в конце фенологической осени и достигало постоянного уровня в период низких отрицательных температур. Показано, что в зимние месяцы, когда деревья характеризуются предельной морозоустойчивостью, высокий уровень дегидринов коррелирует с низким содержанием воды в почках березы. Выявлена взаимосвязь между продолжительностью фенологических фаз развития березы повислой и содержанием в почках низкомолекулярных дегидринов. Появление дегидринов, особенно низкомолекулярных, в период осенней акклимации растений к холоду, указывает на их индуцибельный характер, вызванный процессами сокращения долготы дня и нарастания холодового фактора. Предполагается, что особенности адаптивных изменений состава дегидринов в почках березы указывают на их важную роль в формировании механизмов устойчивости *B. pendula* к экстремальным природным условиям криолитозоны Якутии.

Работа проводилась в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ по проекту «Физиолого-биохимические основы устойчивости и адаптации растений репрезентативных экосистем криолитозоны в изменяющемся климате», № гос. регистрации 126021217284–2.

РЕАКЦИЯ НА ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИЙ СТРЕСС КАК МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕХАНИЗМОВ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ

А. Ф. Титов, Т. Г. Шибаева*

ИБ КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

**shibaeva@krc.karelia.ru*

Ключевые слова: неспецифическая устойчивость, фотопериодический стресс

PLANT RESPONSE TO PHOTOPERIODIC STRESS AS A MODEL FOR STUDYING THE MECHANISMS OF NON-SPECIFIC PLANT TOLERANCE

A. F. Titov, T. G. Shibaeva*

IB KarRC RAS, Petrozavodsk, Russian Federation

Keywords: non-specific tolerance, photoperiod stress

Вопрос о механизмах устойчивости, в том числе механизмах специфической (специализированной) и неспецифической устойчивости, и их роли в выживании растений в неблагоприятных условиях обсуждается в литературе уже очень давно. За многие годы постепенно сложились представления, разделяемые сегодня большинством специалистов в этой области, согласно которым растения располагают механизмами как специфической, так и неспецифической устойчивости, роль и соотносительный вклад которых в выживаемость растений зависит от биологических особенностей объекта, природы действующего стресс-фактора и его дозы, а также от сопутствующих условий. При этом оказалось, что растения испытывают стресс не только когда они подвергаются действию таких природных факторов, как недостаток или избыток тепла, воды или света и т. д., но и в случае воздействия на них факторов, с которыми в естественных условиях они в своей эволюционной истории никогда не сталкивались. Так, исследования последних лет показали, что, подвергая растения фотопериоду, отличному от обычного для природных условий (24 ч), мы вызываем у них стресс, названный в литературе фотопериодическим, который предположительно связан с циркадной асинхронией, т. е. несоответствием внутренних ритмов с внешними свето-темновыми циклами (СТЦ). Под его влиянием в растениях происходит целый комплекс физиолого-биохимических изменений/нарушений, которые во многом аналогичны тем, которые наблюдаются у растений при действии других неблагоприятных факторов и при старении. Но учитывая, что в естественных условиях растения в процессе эволюции никогда не сталкивались с периодически повторяющимися аномальными (укороченными или удлиненными) СТЦ, можно с большой долей уверенности утверждать, что в этом случае их выживание будет обеспечиваться только и исключительно механизмами неспецифической устойчивости. Следовательно, это позволяет использовать реакцию растений на фотопериодический стресс, обусловленный действием аномальных СТЦ, в качестве простой и удобной модели для изучения неспецифических механизмов устойчивости растений, поскольку специфические механизмы устойчивости в этом случае априори отсутствуют.

АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНОГО КОМПЛЕКСА *PINUS SYLVESTRIS* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

И. А. Трофимцова*, Л. Е. Иваченко

ФГБОУ ВО «БГПУ», Благовещенск, Россия

**trofimtsova.irina@yandex.ru*

Ключевые слова: витамин С, каталаза, каротин, *Pinus sylvestris*, пероксидаза

EVALUATION OF GLYCINE MAX AND GLYCINE SOJA TO THE INFLUENCE OF BIOGENIC METAL SALTS WITH THE PARTICIPATION OF CATALASES

I. A. Trofimtsova*, L. E. Ivachenko

BSPU, Blagoveshchensk, Russian Federation

Keywords: vitamin C, catalase, carotene, *Pinus sylvestris*, peroxidase

Сосна обыкновенная (*Pínus sylvéstris)* относится к растениям, проявляющим повышенную чувствительность к загрязнению окружающей среды. Благодаря способности приспосабливаться к крайне неблагоприятным условиям ее относят к видам стрессстолерантам.

Известно, что основная роль в приспособлении растений к неблагоприятным факторам принадлежит ферментным системам. Нами определена удельная активность и множественные формы пероксидаз и каталаз хвои сосны обыкновенной, а также содержание в ней аскорбиновой кислоты и каротина в образцах, взятых на условно чистой территории (турбаза «Мухинка»), техногенно-нарушенных зонах (космодром «Восточный», дорога у ЗАО «Асфальт», окрестности ЗАТО Углегорск) и пригородном районе (Верхне-Благовещенск).

Повышенное содержание витамина С выявлено во всех образцах хвои по сравнению с литературными данными. Установлено, что в мае и июне (период активной вегетации, рост зеленой массы) содержание витамина С минимальное. Максимум отмечен осенью (ноябрь) и зимой (декабрь, февраль). Это классическая защитная реакция хвойных – накопление антиоксидантов в холодный период. Содержание каротина зависит от места произрастания: чем выше загрязнение, тем ниже содержание каротина. Минимальное количество каротина отмечено в июне, максимум – в марте и апреле (весна, до начала активного сокодвижения). Выявлена четкая зависимость активности каталазы от места произрастания: в более благополучных условиях активность выше (максимум – турбаза «Мухинка», активность в 2 раза выше, чем в окрестностях ЗАТО Углегорск).

Электрофоретические спектры фермента были одинаковы во всех точках измерения, хотя удельная активность различалась. Это значит, что набор генов, отвечающих за каталазу, стабилен, меняется только их экспрессия. Установлено, что пероксидаза сосны является более отзывчивым маркером к изменению условий среды. В более загрязненном районе (Углегорск) удельная активность фермента была ниже (в 2,5–3 раза), но при этом количество множественных форм было выше. Показано, что витамин С эффективен как маркер сезонного стресса, каротин – как маркер загрязнения; пероксидаза является универсальным индикатором, позволяющим дифференцировать природу стресса (сезонную или техногенную).

IN-GEL ACTIVITY ASSAY: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТОДА И ПЕРСПЕКТИВЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ АКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСА I В КОНТЕКСТЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕЛЕВАНТНОСТИ

И. В. Уколова
СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
irina@sifibr.irk.ru

Ключевые слова: комплекс I, митохондрии, система ОКСФОС, BN-PAGE, in-gel activity assay

IN-GEL ACTIVITY ASSAY: STATE OF THE ART AND PROSPECTS OF COMPLEX I QUANTITATIVE ANALYSIS REGARDING PHYSIOLOGICAL RELEVANCE

I. V. Ukolova
SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: complex I, mitochondria, OXPHOS system, BN-PAGE, in-gel activity assay

Метод детекции активности ферментов в нативном BN- или CN-геле широко применяется для изучения надмолекулярной организации комплексов ОКСФОС в различных организмах и видах, а также для сравнительного анализа контрольных и опытных вариантов. В частности, метод используется для выявления различий между дикими и мутантными линиями и штаммами, а также контрольными и стрессированными растениями. В современных исследованиях активно используется детекция активности дыхательных комплексов I, II, IV и АТФ-синтазы в геле. В большинстве исследований метод «in-gel activity assay» применяется для качественной детекции ферментов с целью изучения их нативного состояния или доказательства присутствия (или отсутствия) интересующего комплекса в мутантных линиях, в то время как количественный анализ активности в геле используется значительно реже. Это объясняется недостаточной изученностью механизмов реакции, что поднимает вопрос о физиологической релевантности оценки активности в геле. Одной из наиболее широко используемых колориметрических реакций является детекция активности комплекса I в геле, что объясняется его важной ролью в формировании протонного градиента и в регуляции процессов поддержания митохондриального редокс-гомеостаза. Полученные нами на растительных митохондриях данные в сочетании с имеющимися в литературе указывают на то, что, во-первых, в колориметрической реакции в геле участвует каталитически активный холофермент, а во-вторых, активность фермента, измеренная in-gel, согласуется с активностью *in organello*. В этой связи можно предположить, что в колориметрической реакции восстановления NBT комплексом I может участвовать не только FMN, но и другие редокс-компоненты ЭТЦ, например Fe-S кластер фермента N2 и/или убихинол, что могло бы объяснить соответствие активности фермента in-gel и *in organello*. Таким образом, несмотря на то что качественная детекция активности ферментов в геле давно и с успехом применяется в различных исследованиях, основные перспективы использования метода, по-видимому, связаны с дальнейшим изучением его потенциала для целей количественного анализа образцов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России для ФГБУН СИФИБР СО РАН (Рег. № НИОКТР – 125021902487-9).

УЧАСТИЕ *AtNDB2* В ОТВЕТЕ РАСТЕНИЙ ТАБАКА (*NICOTIANA TABACUM* L.) В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ

И. В. Федосеева*, Г. Б. Боровский, А. И. Катышев, Е. Л. Горбылева, Д. В. Пятрикас, С. Ю. Зорина, Н. Е. Коротаева, А. В. Поморцев, А. М. Шигарова

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**fedoseeva.irina2009@yandex.ru*

Ключевые слова: активные формы кислорода, альтернативный путь дыхания, засуха, митохондрии, табак

PARTICIPATION OF *ATNDB2* IN THE RESPONSE OF TOBACCO PLANTS (*NICOTIANA TABACUM* L.) UNDER WATER DEFICIT CONDITIONS

I. V. Fedoseeva*, G. B. Borovskii, A. I. Katyshev, E. L. Gorbyleva, D. V. Pyatrikas, S. Yu. Zorina, N. E. Korotaeva, A. V. Pomorcev, A. M. Shigarova

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: alternative respiratory chain, drought, mitochondria, reactive oxygen species, tobacco

Недостаток влаги – один из важнейших абиотических стрессов, который негативно влияет на рост и продуктивность растений. В условиях снижения доступности воды все фазы роста и развития растений замедляются из-за потери тургора, нарушения активности ферментов и снижения энергообеспечения в результате закрытия устьиц и изменения эффективности фотосинтеза. Митохондрии являются ключевыми органеллами, регулирующими баланс редокс-эквивалентов клетки, генерируемых, в том числе хлоропластами. Важную роль в такой регуляции при стрессе играет функционирование альтернативного дыхательного пути в этих органеллах. В данной работе исследовалось влияние гетерологичной экспрессии гена *NDB2 Arabidopsis thaliana*, кодирующего один из ключевых компонентов альтернативного пути дыхания – альтернативную НАДН-дегидрогеназу, в растениях табака на содержание активных форм кислорода, активность антиоксидантных ферментов, содержание малонового диальдегида, пролина, содержание транскриптов генов, кодирующих митохондриальные и стрессовые белки, а также транскрипционные факторы в условиях недостатка влаги. Впервые показано, что засуха, вероятно, вызывает активацию основного дыхательного пути митохондрий растений табака, на что указывает значительное повышение экспрессии митохондриальных генов. Растения с экспрессией *AtNDB2* вследствие функционирования альтернативной цепи переноса электронов NDB2/NDA2–Q/QH2–AOX в условиях недостатка влагообеспечения испытывали менее выраженный окислительный стресс, чем растения дикого типа, и характеризовались повышенной экспрессией ряда стрессовых генов и транскрипционных факторов, участвующих в регуляции стрессового ответа, в том числе в контрольных условиях.

Исследование выполнено в рамках гос. задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации для Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (№ государственной регистрации 125021902487-9).

АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ И ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ ВНУТРИКЛЕТОЧНОЙ И АПОПЛАСТНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ В ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЯХ КАРТОФЕЛЯ (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) С ГЕНОМ ГЛЮКОЗООКСИДАЗЫ ИЗ *PENICILLIUM FUNICULOSUM*

Н. В. Филинова, А. А. Ищенко, Т. В. Копытина*, Л. Е. Макарова

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**kopytina@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: картофель *in vitro*, *Solanum tuberosum* L., трансгенные растения, пероксидаза, полифенолоксидаза, глюкозооксидаза, окислительный стресс, пероксид водорода

PEROXIDASE AND POLYPHENOL OXIDASE ACTIVITY OF INTRACELLULAR AND APOPLASTIC LOCALIZATION IN TRANSGENIC POTATO PLANTS (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) WITH THE GLUCOSE OXIDASE GENE FROM *PENICILLIUM FUNICULOSUM*

N. V. Filinova, A. A. Ishchenko, T. V. Kopytina*, L. E. Makarova

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: *in vitro* potatoes, *Solanum tuberosum* L., transgenic plants, peroxidase, polyphenol oxidase, glucose oxidase, oxidative stress, hydrogen peroxide

Возрастающее давление патогенной микрофлоры на фоне глобального потепления требует разработки новых подходов к повышению устойчивости сельскохозяйственных культур. Один из таких подходов – создание трансгенных растений с генами, кодирующими защитные белки, например, глюкозооксидазу, которая окисляя глюкозу продуцирует H_2O_2 и тем самым повышает устойчивость растений к фитопатогенам. Объектом исследования являлись растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Скарб и 3 трансгенные линии этого сорта, полученные в ГНУ «ИГиЦ» НАН Беларуси Д. В. Савчиным»: линия L17.2 – растения с нативным геном глюкозооксидазы *gox* из *Penicillium funiculosum*, линия M 7.3 – растения с модифицированным геном *gox-mod* и линия Pb14.10 – растения, трансформированные холостым вектором без гена. Показано, что трансгенные растения с нативным и модифицированным геном *gox* демонстрируют умеренное и повышенное, соответственно, содержание H_2O_2. Глюкозооксидаза в траснгенных растениях секретируется в апопласт, благодаря лидерной последовательности, что приводит к накоплению H_2O_2 именно в этом компартменте. Было важным изучить активность апопластной пероксидазы (ПО) и сравнить с активностью внутриклеточной ПО, а также определить уровень фенольных соединений как неферментных антиоксидантов и изучить активность полифенолоксидазы (ПФО). Установлено, снижение активности ПО и в апопласте, и внутри клетки трансгенных линий L17.2 и M 7.3, чем больше концентрация H_2O_2, тем меньше активность ПО. Выявлено, увеличение активности ПФО в этих же линиях на фоне повышенной концентрации H_2O_2. Сделано предположение, о том, что высокая концентрация H_2O_2 инактивирует ПО и внутри клетки, и в апопласте, но в то же время может активировать ПФО обоих локализаций и индуцировать синтез фенольных соединений.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПОГЛОЩЕНИЯ N, P И K РАСТЕНИЯМИ В ПОЧВАХ ГИССАРСКОЙ И ВАХШСКОЙ ДОЛИН

Х. Н. Хамидзода*, М. М. Якубова

Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

**homidov-h@mail.ru*

Ключевые слова: почва, рост и развитие, элементы, долина, серозем

THE PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF NITROGEN, PHOSPHORUS, AND POTASSIUM UPTAKE BY PLANTS IN THE SOILS OF THE HISSAR AND VAKHSH VALLEYS

Kh. N. Khamidzoda*, M. M. Yakubova

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

Keywords: soil, growth and development, elements, valley, sierozem soil

Одной из важных задач физиологии растений и агрономии является обеспечение растений основными элементами минерального питания – азотом (N), фосфором (P) и калием (K). Эти элементы необходимы для нормального роста, развития и формирования урожая сельскохозяйственных культур. Гиссарская и Вахшская долины Таджикистана являются основными зонами земледелия, особенно для выращивания хлопчатника, поэтому изучение агрохимических свойств их почв имеет большое научное и практическое значение.

Исследования показали, что сероземные почвы данных регионов характеризуются слабощелочной и среднещелочной реакцией среды. В светлых богарных сероземах pH составляет 7,8–8,0, а в орошаемых темных сероземах достигает 8,0–8,2. Такие условия снижают доступность фосфора, который переходит в труднорастворимые соединения. Азот и калий также подвержены изменениям под влиянием щелочной среды и длительного орошения.

Установлено снижение содержания подвижных форм N, P и K, что связано с низким содержанием гумуса, вымыванием элементов и особенностями почвенной реакции. Недостаток азота приводит к ослаблению синтеза белков и хлорофилла, дефицит фосфора нарушает энергетический обмен, а нехватка калия отрицательно влияет на ферментативные процессы и водный режим растений.

С физиологической точки зрения ухудшение минерального питания снижает активность корневой системы, интенсивность фотосинтеза и продуктивность растений. Поэтому для повышения плодородия почв Гиссарской и Вахшской долин необходимо рациональное применение минеральных удобрений, поддержание гумусового состояния почв и регулирование орошения. Это особенно важно для получения высоких урожаев хлопчатника и других сельскохозяйственных культур.

Таким образом, можно заключить, что щелочная реакция почв Гиссарской и Вахшской долин снижает доступность азота, фосфора и калия, что ухудшает физиологическое состояние растений и требует рационального внесения удобрений для повышения урожайности.

О ЧЕТВЕРТОМ ПАРАМЕТРЕ СВЕТОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАСТЕНИЯ

Т. Г. Шибаева*, А. Ф. Титов

ИБ КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

**shibaeva@krc.karelia.ru*

Ключевые слова: освещение, свето-темновые циклы, фотопериод

ON THE FORTH PARAMETER OF LIGHT INFLUENCE ON PLANTS

T. G. Shibaeva*, A. F. Titov

IB KarRC RAS, Petrozavodsk, Russian Federation

Keywords: illumination, light/dark cycle, photoperiod

Считается, что в отношении растений световой фактор характеризуется тремя параметрами: интенсивностью света, его спектральным составом и продолжительностью светового периода в сутках (фотопериодом). В естественных условиях каждый из них варьирует в достаточно широких пределах и способен оказывать существенное влияние на рост и развитие растений. В закрытых системах с искусственным освещением (фабрики растений, или вертикальные фермы), которые в последние годы получают все более широкое распространение в мире, манипулирование световым фактором позволяет, к примеру, легко выходить за рамки природного суточного 24 ч цикла и поэтому аномальные свето-темновые циклы (СТЦ), отличные от 24-часового (т. е. с продолжительностью менее или более 24 ч), получившие название, соответственно, укороченных или удлиненных СТЦ, стали все чаще использоваться, причем не только в экспериментах, но и на практике. Благодаря этому за последние два десятилетия накоплены убедительные доказательства того, что аномальные СТЦ способны оказывать значительное влияние на рост и развитие растений, а их эффекты могут быть как положительными, так и отрицательными (в зависимости от параметров СТЦ и чувствительности растений к аномальным СТЦ). Важно, что при использовании, например, фотопериода 16/8 ч, или двух СТЦ 8/4 ч, или четырех СТЦ 4/2 ч, или восьми СТЦ 2/1 ч можно получить растения не только с разным габитусом, но и с разным содержанием тех или иных питательных или функциональных веществ, что в определенных случаях повышает потребительскую стоимость растительной продукции. При этом все три параметра светового режима – интенсивность света, спектральный состав и суммарная продолжительность светового периода в суточном цикле – остаются в данном случае неизменными. Это дает основания для выделения еще одного, четвертого параметра светового воздействия на растения (количество СТЦ в сутках, или распределение интеграла света во времени), который может оказывать на них значительное влияние. В естественных условиях его нет, так как в суточном 24-часовом цикле смена дня и ночи происходит всегда однократно. Этот четвертый параметр пока не получил названия, однако несомненно заслуживает пристального внимания и изучения.

МЕТОД ОЦЕНКИ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ ГЕНОТИПОВ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

О. Н. Шуплецова

ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, Киров, Россия

olga.shuplecova@mail.ru

Ключевые слова: ионная токсичность, ячмень, фенольные соединения, устойчивость

METHOD FOR ASSESSING STRESS RESISTANCE OF CEREAL CROPS GENOTYPES

O. N. Shupletsova

FARC North-East, Kirov, Russian Federation

Keywords: ionic toxicity, barley, phenolic compounds, stability

Выявленная высокая генетическая вариабельность морфометрических и биохимических показателей сортов зерновых культур в неблагоприятных условиях актуализирует поиск объективного критерия стрессоустойчивости при выборе генотипов для возделывания на загрязненных территориях. В условиях абиотического стресса, в частности, при ионной токсичности металлов в кислых почвах, отмечают положительную корреляцию между антиоксидантной активностью растений и накоплением фенольных соединений (ФС) в растительной ткани. В наших исследованиях изучали возможность использования показателя ФС в качестве биохимического маркера стрессоустойчивости растений.

В рулонной культуре с ионной токсичностью алюминия (40 мг/л Al^{3+}) и кадмия (20 и 50 мг/л Cd^{2+}) проведен сравнительный анализ содержания ФС в проростках 9 генотипов ячменя (в том числе регенерантного происхождения) селекции ФАНЦ Северо-Востока и зарубежной селекции. Установлена положительная корреляция между содержанием свободной фракции ФС в растительной ткани и корневыми показателями в лабораторных экспериментах (с алюминием – $r = 0{,}51$, с кадмием – $r = 0{,}58$ и 0,62) и урожайностью ($r = 0{,}64$–$0{,}68$) этих же генотипов на почвенных фонах в вегетационных опытах с аналогичными стрессорами.

Оценивали влияние токсичности алюминия и кадмия в почве (вегетационный опыт) на морфологические и биохимические показатели в листьях регенерантов овса и ячменя, индуцированных в селективных системах *in vitro*. В стрессовых условиях регенеранты по сравнению с исходным генотипом имели более слабые симптомы окислительного стресса, диагностируемые по содержанию малонового диальдегида и ФС. В контрольных условиях подобные различия отсутствовали.

Предлагается использовать показатель содержания ФС в растительной ткани зерновых культур в качестве критерия оценки их потенциальной адаптивности в условиях почвенного стресса.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема FNWE-2025-0008).

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НОВОГО *S*-ГЕНА ВОСПРИИМЧИВОСТИ К ГРИБНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ НА ХРОМОСОМЕ 5BS МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ *T. AESTIVUM* L.

А. Б. Щербань*, М. К. Брагина, Д. А. Афонников, Г. А. Васильев, Е. С. Сколотнева, А. Д. Пнев, Е. А. Салина

ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия

**atos@bionet.nsc.ru*

Ключевые слова: восприимчивость, грибные заболевания, мягкая пшеница, целевое секвенирование, *S*- гены

IDENTIFICATION OF A NEW *S*-GENE FOR FUNGAL DISEASE SUSCEPTIBILITY ON CHROMOSOME 5BS OF COMMON WHEAT *T. AESTIVUM* L.

A. B. Shcherban*, M. K. Bragina, D. A. Afonnikov, G. A. Vasiliev, E. S. Skolotneva, A. D. Pnev, E. A. Salina

ICG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: susceptibility, fungal diseases, common wheat, targeted sequencing, S-genes

Перспективной стратегией для создания генетически устойчивых растений к различным инфекционным заболеваниям является инактивация или снижение экспрессии *S*-генов восприимчивости, создающих благоприятные условия для заражения патогенами и их размножения в растительных тканях. Ранее, из состава F4 картирующей популяции мягкой пшеницы, полученной от скрещивания линии LrW(52) × гибрид 215, были отобраны по 5 растений *Lr52*+ и *Lr52*- на основе данных генотипирования KASP и SSR-маркерами, а также скрининга на устойчивость к листовой (бурой) ржавчине, вызываемой грибным патогеном *Puccinia recondita* Dietel & Holw. У всех отобранных растений было проведено целевое секвенирование участка хромосомы 5BS размером 26,6 Мб, содержащего локус *Lr52*, наряду с другими локусами устойчивости (к стеблевой ржавчине, септориозу). Сравнение первичной структуры данного участка у растений *Lr52*+ и *Lr52*- не выявило ДНК полиморфизмов, отличающих эти группы друг от друга, за исключением делеции у устойчивых *Lr52*+ растений гена, кодирующего рецептороподобную киназу ANXUR1. ПЦР с использованием специфических праймеров к этому гену подтвердило факт делеции. Ранее, у арабидопсиса была выявлена функциональная роль генов *ANXUR* в качестве негативных регуляторов иммунитета. Таким образом, делеция предполагаемого *S*-гена *ANXUR1* может объяснить наличие устойчивости к бурой ржавчине у *Lr52*+ растений. Наличие сцепленных с *Lr52* локусов устойчивости к другим грибным заболеваниям позволяет высказать гипотезу о влиянии *ANXUR1* и на эти заболевания, что, однако, требует дальнейшего экспериментального подтверждения.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 21-76-30003-П.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ФИТОГОРМОНОВ НА ДИНАМИКУ ПОГЛОЩЕНИЯ РАСТВОРА СЕМЕНАМИ ПШЕНИЦ

С. Э. Эмомализода*, Х. Н. Хамидзода, У. Дж. Нуров, С. И. Раджабзода

Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

**sayod_asoev@mail.ru*

Ключевые слова: пшеница, рост и развитие, фитогормоны, сорта, урожайность

THE EFFECT OF PLANT HORMONE CONCENTRATION ON THE DYNAMICS OF SOLUTION UPTAKE BY WHEAT SEEDS

S. E. Emomalizoda*, H. N. Khamidzoda, U. J. Nurov, S. I. Rajabzoda

Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

Keywords: wheat, growth and development, phytohormones, varieties, yield

Фитогормоны являются важными регуляторами процессов прорастания и раннего развития растений. На начальных этапах онтогенеза способность семян поглощать воду и различные растворы определяет активацию ферментативных и обменных процессов, что напрямую влияет на энергию прорастания и дальнейший рост. В связи с этим изучение влияния фитогормонов на динамику поглощения имеет большое значение для повышения эффективности сельскохозяйственного производства.

В ходе исследования семена двух сортов пшеницы – Навруз и Ватан – обрабатывались растворами фитогормонов (РГБ, ИУК, ГМК) в концентрациях 0,001 %, 0,01 % и 0,1 %. Поглощение раствора оценивалось через определенные временные интервалы: 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56 и 64 ч, а полученные данные сравнивались с контрольным вариантом (вода).

Результаты показали, что сорт Навруз отличается более стабильной динамикой поглощения по сравнению с сортом Ватан. Низкая концентрация (0,001 %) в целом оказывает слабостимулирующее действие, средняя концентрация (0,01 %) обеспечивает максимальный стимулирующий эффект, тогда как высокая концентрация (0,1 %) может вызывать ингибирование процесса.

Среди исследованных фитогормонов ИУК проявил наиболее выраженное стимулирующее действие, особенно в интервале 24–40 ч, тогда как РГБ обеспечивал более стабильные показатели, а ГМК способствовал выравниванию процесса поглощения. Максимальная активность поглощения наблюдалась в период 24–40 ч, после чего процесс постепенно стабилизировался.

Таким образом, установлено, что оптимальная концентрация фитогормонов (0,01 %) способствует улучшению поглощения растворов семенами пшеницы, а сорт Навруз обладает более высокой физиологической устойчивостью и перспективен для интенсивного земледелия.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ ПО ПАРАМЕТРАМ ИНДУКЦИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА *A* В ЛИСТЬЯХ ПРИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКЕ

О. В. Яковлева [1]*, Д. Н. Маторин [1], Д. А. Тодоренко [1], С. Н. Горячев [1], А. А. Алексеев [2], Л. Ф. Кабашникова [3]

[1] ФГБОУ ВО МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия
[2] СВФУ, Якутск, Россия
[3] Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

**ooolga.yakovleva@gmail.com*

Ключевые слова: мониторинг, растения, флуоресценция хлорофилла *a*, фотосинтез, JIP-тест

ASSESSMENT OF PLANT HEALTH BY PARAMETERS OF LEAF CHL *A* FLUORESCENCE INDUCTION UNDER ANTHROPOGENIC LOAD

V. Yakovleva [1]*, D. N. Matorin [1], D. A. Todorenko [1], S. N. Goryachev [1], A. A. Alekseev [2], L. F. Kabashnikova [3]

[1] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
[2] NEFU, Yakutsk, Sakha Republic (Yakutia), Russian Federation
[3] Institute of Biophysics and Cell Engineering of NASB, Minsk, Belarus

Keywords: monitoring, plants, Chl *a* fluorescence, photosynthesis, JIP test

Under conditions of increasing anthropogenic pressure, the condition of plants can serve as a reliable indicator of environmental pollution. Using the simultaneous recording of induction curves of fast and delayed Chl a fluorescence and redox transformations of the reaction center of photosystem 1 (P700) on an M-REA-2 fluorimeter, the physiological condition of small-leaved linden (*Tilia cordata*), silver birch (*Betula pendula*), and western arborvitaes (*Thuja occidentalis*) stands in urban conditions was assessed. Different plant sensitivities to unfavorable growing conditions were detected. Processing the obtained induction curves using the standard JIP test procedure revealed significant changes in the parameters of the leaves of all three plant species from contaminated sites compared to the control. The most sensitive JIP test parameters – PI_{ABS}, F_V/F_0, F_V/F_M, were determined and can be used as indicators of the physiological state of urban phytocenoses. It has been shown that the leaves of plants near highways exhibit an increase in photosensitivity and a slowdown in the reactions of recovery of photosynthetic activity in the dark after the cessation of photooxidative stress, which confirms the probable influence of unfavorable urban conditions on the biosynthesis of proteins of the reaction centers of photosystem 2. The use of parameters of induction of fast and slow Chl *a* fluorescence can be recommended for assessing the functional activity of the photosynthetic apparatus of plants and early detection of its changes under conditions of anthropogenic stress, when the environmental situation is not critical.

The study was supported by the Russian Science Foundation Grant No. № 25-44-10003.
The research was carried out with the financial support of the BRFFR Grant No. B26RNF-057.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И СИЛИКАТА НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОРАСТАЮЩИХ ЗЕРНОВКАХ ЯЧМЕНЯ

О. С. Яковлева*, Л. В. Осипова, И. А. Быковская

ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», Москва, Россия

**olga.i4kovl@yandex.ru*

Ключевые слова: ячмень, холодоустойчивость, кремний, фенольные соединения, антоцианы

EFFECT OF LOW TEMPERATURE AND SILICATE ON PHENOLIC CONTENT IN GERMINATING BARLEY GRAINS

O. S. Yakovleva*, L. V. Osipova, I. A. Bykovskaya

Pryanishnikov Institute Agrochemistry, Moscow, Russian Federation

Keywords: barley, cold resistance, silicon, phenolic compounds, anthocyanins

Зерновые культуры обладают большим количеством разнообразных фенольных соединений, которые сосредоточены в перикарпии и алейроновом слое. При прорастании происходит изменение количественного и качественного состава данных соединений. Стрессовые условия оказывают значительное влияние на метаболические процессы в прорастающем семени. Достаточно хорошо известно, что низкие температуры способствуют накоплению антоцианов у проростков зерновых культур. Кремний способствует перенесению неблагоприятных условий у различных растений, особенно злаковых культур. Ячмень очень пластичная культура, легко переносит высокие и низкие температуры.

В качестве объекта исследования были выбраны два сорта ярового ячменя разновидности нутанс Яровит и Златояр. Часть семян обрабатывали натриевой солью кремниевой кислоты. Зерновки проращивали в условиях водной культуры при температуре +21 ºС в темноте. В возрасте 7 сут часть проростков переносили в холодильник на 3 ч при температуре +5 ºС. Содержание фенольных соединений и антоцианов определяли в семенах и наземных проростках.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что воздействие холодом приводило к незначительному увеличению содержания как фенольных соединений, так и антоцианов в семенах и наземных проростках обоих сортов ячменя. Кремний стабилизировал содержание фенольных соединений в условиях холодового стресса. В этих же условиях содержание антоцианов под действием кремния значительно возрастало. Так, у сорта Яровит в прорастающих семенах, обработанных солью кремневой кислоты, содержание антоциана в условиях холода возрастало с 0,043 до 0,064 мг/г. Таким образом, кремний влияет на холодоустойчивость ячменя за счет накопления антоцианов.

СЕКЦИЯ 2

БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ, БИОРЕСУРСЫ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ



ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В САНИТАРНО-ЗАЩИТНОЙ ЗОНЕ ПОЛИГОНА ТКО «НЕПЕЙНО» (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А. И. Агапов

ООО «Уралстройлаб», Челябинск, Россия

agaplex-11@mail.ru

Ключевые слова: флора, сорные и инвазионные виды, биотоп

RESTORATION OF VEGETATION COVER IN THE SANITARY PROTECTION ZONE OF THE NEPEYNO MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILL (MOSCOW REGION)

A. I. Agapov

LLC “Uralstroylab”, Chelyabinsk, Russian Federation

Keywords: flora, weed and invasive species, biotope

Полигон ТКО «Непейно» (Московская область) был рекультивирован 4 года назад, на 2025 год проходит биологический этап. По результатам геоботанического обследования выявлено 136 видов сосудистых растений, относящихся к 5 отделам, 6 классам, 50 семействам.

Преимущественно сорный состав растительности, наличие в большом количестве однолетних и инвазивных видов говорит о прохождении пионерной стадии развития фитоценоза. Встречены 33 вида инвазивных растений:

Socials (Soc.) – *Atriplex patula* L., *Atriplex sagittata* Borkh., *Chenopodium album* L., *Trifolium pratense* L., *Artemisia vulgaris* L., *Phragmites altissimus* (Benth.) Mabille.

Copiosae (Cop.) – *Aegopodium podagraria* L., *Heracleum sosnowskyi* Manden, *Melilotus albus* Medik., *Melilotus officinalis* L., *Salix caprea* L., *Sonchus arvensis* L., *Tanacetum vulgare* L., *Lolium perenne* L., *Setaria pumila* (Poir.) Roem. & Schult.

Unicum (Un.) – *Raphanus raphanistrum* L., *Impatiens parviflora* DC., *Sambucus racemosa* L., *Glechoma hederacea* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Fallopia convolvulus* L. Á. Löve, *Malus domestica* (Suckow) Borkh., *Acer negundo* L., *Artemisia absinthium* L., *Carduus acanthoides* L., *Cichorium intybus* L., *Lactuca serriola* L., *Sonchus oleraceus* L., *Solidago canadensis* L., *Linaria vulgaris* Mill., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv, *Phleum pratense* L.

Следует обратить внимание на динамику развития двух краснокнижных растений семейства орхидных – дремлик чемерицевидный и семейства вересковые – вереск обыкновенный. Кроме того, на изменение гидрологических характеристик рельефа вокруг полигона, заболачивание и усыхание смешанного липово-березового леса.

1. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов Государственного комитета санитарно-эпидемиологического контроля Российской Федерации от 10 июня 1996 г. № 01-8/17-11.

2. Список инвазионных видов флоры Российской Федерации // Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина Российской академии наук URL: https://gbsad.ru/doc/2022/iris/ESM_1 %20(1).pdf (дата обращения: 20.04.2026).

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НИВАЛЬНЫХ МИКСОМИЦЕТОВ ИЛЕ-АЛАТАУ

Ж. Азирахмет [1]*, Р. Берсимбай [1], О. Щепин [2], М. Шниттлер [2]

[1] ЕНУ им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан
[2] Университет Грайфсвальда, Грайфсвальд, Германия

**Zhansaya.azirakhmet@bk.ru*

Ключевые слова: Иле-Алатау, нивальные миксомицеты, видовое разнообразие, ДНК-штрихкодирование, Казахстан

SPECIES DIVERSITY OF NIVICOLOUS MYXOMYCETES OF THE ILE-ALATAU

Zh. Azirakhmet [1], R. Bersimbay [1], O. Shchepin [2], M. Schnittler[2]

[1] ENU, Astana, Kazakhstan
[2] University of Greifswald, Greifswald, Germany

Keywords: Ile-Alatau, nivicolous myxomycetes, species diversity, DNA barcoding, Kazakhstan

Актуальность исследования обусловлена недостаточной изученностью нивальных миксомицетов высокогорных районов Казахстана, особенно с использованием молекулярных методов, которые позволяют существенно повысить точность таксономической идентификации и уточнить видовой состав исследуемых сообществ.

Целью работы было изучение видового разнообразия нивальных миксомицетов на территории Иле-Алатауского государственного национального природного парка на основе полевых исследований и последующего ДНК-штрихкодирования. Полевые исследования проводились на северных склонах Заилийского Алатау в Медеуском ущелье, прилегающих к нему долинах, на склонах горы Шымбулак и в районе Большого Алматинского озера. Образцы были собраны на высотах от 1840 до 3180 м над уровнем моря.

В ходе полевых исследований было собрано и подготовлено к хранению в виде сухих гербарных образцов 131 образца плодовых тел миксомицетов. Из них 87 образцов были определены в полевых условиях до вида, 44 до рода. Наиболее обильно были представлены роды *Diderma* Pers. и *Lamproderma* Rostaf. Два выявленных вида представляют собой первые находки для территории Казахстана: *Diderma europaeum* и *Nannengaella alpestris*. В результате лабораторных работ выявлено 13 видов нивальных миксомицетов, относящихся к 5 родам (*Didymium, Diderma, Lamproderma, Meriderma, Physarum*) и 3 семействам (*Didymiaceae, Stemonitidaceae, Physaraceae*). Наиболее разнообразными по числу видов оказались роды Lamproderma, *Didymium и Diderma*.

Полученные результаты свидетельствуют о высоком видовом разнообразии нивальных миксомицетов Иле-Алатау и подчеркивают важность дальнейшего комплексного изучения высокогорных миксомицетов Казахстана с использованием как морфологических, так и молекулярных методов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, грант AP23489210 «Изучение видового и генетического разнообразия нивальных миксомицетов Восточного и Южного Казахстана».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФОТОЛОВУШЕК ДЛЯ ФЕНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В УДАЛЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ НА ПРИМЕРЕ *RHODODENDRON BRACHYCARPUM VAR. FAURIEI* В СИХОТЭ-АЛИНСКОМ БИОСФЕРНОМ ЗАПОВЕДНИКЕ

С. Н. Бондарчук*, А. А Грицук

ФГБУ «Сихотэ-Алинский государственный заповедник», Терней, Россия

bonsal@mail.ru

Ключевые слова: редкие виды растений, фенология, мониторинг, фотоловушки

USING CAMERA TRAPS FOR PHENOLOGICAL MONITORING OF RARE PLANT SPECIES IN REMOTE HABITATS: A CASE STUDY OF *RHODODENDRON BRACHYCARPUM VAR. FAURIEI* IN SIKHOTE-ALIN BIOSPHERE RESERVE

S. N. Bondarchuk*, A. A. Gritsuk

Sikhote-Alin State Nature Biosphere Reserve, Terney, Russian Federation

Keywords: rare plant species, phenology, monitoring, camera traps

Rhododendron brachycarpum var. fauriei – уникальный реликтовый вид, занесенный в Красную книгу России, сохранившийся с неогенового периода и адаптировавшийся к умеренному климату Дальнего Востока. Его изучение актуально для понимания адаптации реликтовых видов к изменению климата и разработки стратегий сохранения биоразнообразия. Актуальность обусловлена: реликтовым статусом вида; недостаточной изученностью фенологии из-за труднодоступности местообитаний; необходимостью оценки влияния глобального потепления на развитие растения; эндемичностью вида, ограниченного изолированными участками дальневосточного региона; инновационностью метода фотоловушек для неинвазивного мониторинга. В работе использовались фотоловушки *Bushnell Natureview* с линзами 250, 400 и 600 мм и функцией *Field Scan 2x* для автоматической съемки. Исследование проводилось в местах произрастания *R. brachycarpum var. fauriei*, на трех участках Сихотэ-Алинского заповедника (высоты 650, 720 и 850 м над ур. м.). В ходе исследования было выявлено 20 фенофаз для данного вида и определены средние сроки их наступления, включая: набухание вегетативных почек (17 мая), развертывание листьев (4 июня), набухание репродуктивных почек (24 июня), массовое цветение (29 июня–10 июля), начало созревания плодов (27 августа) и раскрытие коробочек (21 сентября). Параллельно, с помощью таблеточных термохронов, собирались данные о температуре воздуха/почвы и биологических угрозах (паразитические грибы, повреждения грызунами), а также видах-опылителях. Выявлены различия в сроках наступления фенофаз на разных высотах, связанные с микроклиматом, а также зависимость развития растения от температурных условий. Преимущества метода: минимизация ошибок наблюдений, возможность ежедневного сбора данных без присутствия исследователей. Ограничения: технические сложности при высокой влажности, ограниченное поле зрения фотоловушек. Фотоловушки доказали эффективность для изучения фенологии *R. brachycarpum var. fauriei* в труднодоступной местности, углубляя понимание адаптационных механизмов реликтовых видов и способствуя разработке стратегий их сохранения.

МАЛОРОСЛОСТЬ ОСИНЫ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ АЗИИ – ОТВЕТ НА ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ

У. И. Бочарова [1]*, А. В. Алфимов [1], Р. Р. Бичурин [2], Д. И. Берман [1]

[1] ИБПС ДВО РАН, Магадан, Россия
[2] ИГ РАН, Москва, Россия

**ulyana.bocarova@gmail.com*

Ключевые слова: *Populus tremula*, радиальный прирост, размерно-возрастной состав, северо-восток Азии, экобиоморфа

STUNTED GROWTH HABIT OF ASPEN IN NORTHEASTERN ASIA – A RESPONSE TO EXTREME CONDITIONS

U. I. Bocharova [1]*, A. V. Alfimov [1], R. R. Bichurin [1], D. I. Berman [1]

[1] IBPN, FEB RAS, Magadan, Russian Federation
[2] IG RAS, Moscow, Russian Federation

Keywords: *Populus tremula*, radial increment, age-size composition, northeastern Asia, ecobiomorph

Осина (*Populus tremula* L.), встречающаяся на северо-востоке Азии небольшими разрозненными рощами на южных сухих склонах, деревья выглядят «молодями» (преобладающие диаметры 3–9 см, высота 3–6 м). Цели работы – выяснить, связан ли облик осинников с постоянным омоложением пожарами или угнетением экстремальными условиями, а также оценить изменчивость осинников в градиенте климата – от бассейна р. Алдан (экстра-континентальный субарктический) до побережья Охотского моря (умеренный морской). В 2023–2025 гг. на названном трансекте обследовано 10 рощ, на пробных площадях в которых (10×10 м) измерены диаметры и высоты всех деревьев, у 162 из них определен возраст и радиальный прирост.

Максимальный возраст деревьев достигал 119 лет, причем в пределах одной рощи при диаметрах 4–8 см возраст варьировал от 24 до более 100 лет. Во всех рощах выявлены длительные (более 10 лет) периоды без возобновления. Средний радиальный прирост крайне низок: 1,2–2,9 мм/год и уступает даже лиственнице в смешанных с осиной насаждениях. Несмотря на значительные различия в климате, габитус осин и размерно-возрастная структура рощ удивительно единообразны. Исключение – посадки на террасе Колымы в пос. Дебин, в которых осины достигают высоты около 20 м и диаметра 33,5 см, что свидетельствует против наследственной природы малорослости и указывает на длительное влияние экстремальной среды. Предварительный анализ климатических и эдафических факторов, возможно, угнетающих осину, не выявил какого-либо очевидного из них. Таким образом, осиновые рощи северо-востока Азии – разновозрастные фитоценозы, формируемые суровыми условиями; роль пожаров предстоит оценить. Стабильность описанной формы на огромной территории (вероятно, более 1000×1000 км) позволяет рассматривать ее как особую экобиоморфу.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института биологических проблем Севера ДВО РАН № 076-00382-26-01.

РОЛЬ ГИСТОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОЦЕНКЕ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

О. Ю. Васильева*, О. В. Дорогина, М. В. Козлова, Е. А. Карпова, Е. П. Храмова

ЦСБС СО РАН, Новосибирск, Россия

**vasil.flowers@rambler.ru*

Ключевые слова: *Miscanthus, Rosa,* антивирусная активность, зимостойкость

THE ROLE OF HISTOLOGICAL RESEARCH IN ESTIMATION THE ADAPTIVE POTENTIAL OF RESOURCE SPECIES

O. Yu. Vasilyeva*, O. V. Dorogina, M. V. Kozlova, E. A. Karpova, E. P. Khramova

CSBG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: *Miscanthus, Rosa,* antioxidant properties, winter resistance

При определении адаптивного потенциала интродуцентов перспективны гистохимические исследования, позволяющие проводить: диагностику зимостойкости на тканевом уровне, определение первичного и транзиторного крахмала у растений с С4-типом фотосинтеза, оценку технологических характеристик сырья, используемого при получении биоэтанола и биоцеллюлозы, а также динамику накопления ценных для фармакогнозии вторичных метаболитов. В ЦСБС гистохимические исследования наиболее полно проводятся с родовыми комплексами *Rosa* L. и *Miscanthus* Anderss.

Для характеристики степени подготовленности роз к зимовке рекомендована экспресс-оценка динамики гидролиза крахмала и накопления липидов в предзимье.

Степень лигнификации побегов (флороглюциновая реакция), наряду с характеристикой зимостойкости позволяет оптимизировать сроки заготовки биоэнергетического сырья. Стебли *M. sinensis* и *M. sacchariflorus* используются для получения биоэтанола и биоцеллюлозы. Меньшее содержание лигнина в побегах является показателем более качественного сырья.

У декоративных и лекарственных растений (*R. majalis, R. canina* и *R. glauca*) гистохимические исследования дополняются экстракцией растительного сырья с целью биохимической оценки на содержание фенольных соединений, флавоноидов, каротиноидов, сапонинов, пектинов и др. и отбора внутривидовых форм с наивысшим содержанием этих веществ. После фракционирования экстрактов из вегетативных органов и получения обогащенных препаратов оценка противовирусного действия проводится на базе ФБУН ГНЦ Вирусологии и Биотехнологии «Вектор».

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 25-26-00510 «Адаптивный и хозяйственный потенциал представителей рода Rosa L. с высокой антиоксидантной и антивирусной активностью в условиях континентального климата».

Основные публикации авторов по тематике доклада:

Rosa roots and rhizomes as a sustainable source of bioactive compounds with anti-influenza properties / E. A. Karpova, E. P. Khramova, M. V. Kozlova, L. V. Buglova, O. Yu. Vasil'eva, T. M. Shaldaeva, L. N. Shishkina, E. I. Filippova, E. V. Makarevich, M. A. Protsenko, A. A. Krasnikov // South African Journal of Botany. 2025. Vol. 186. P. 303–322. DOI: 10.1016/j.sajb.2025.08.025

ЗАПАСЫ ЛЕКАРСТВЕННОГО СЫРЬЯ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Х. Вышегуров [1]*, А. Ю. Величко [2]

[1]ФГБОУ ВО Университет биотехнологий, Новосибирск, Россия
[2] ООО НИЦ «Инновации», Новосибирск, Россия

**vishegurov-77@yandex.ru*

Ключевые слова: лекарственные растения, сырьевые запасы, мониторинг

STOCKS OF MEDICINAL RAW MATERIALS IN THE NOVOSIBIRSK REGION

S. Kh. Vyshegurov [1]*, A. Yu. Velichko [2]

[1] FSBEI HE University of Biotechnology, Novosibirsk, Russian Federation
[2] LLC RC «Innovations», Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: medicinal plants, raw material reserves, monitoring

Значительную часть флоры Новосибирской области представляют лекарственные виды растений. Таксономическое и морфологическое разнообразие лекарственных видов, предопределяет вариативность используемых в фармакогнозии органов и частей растений. Запасы дикорастущих лекарственных видов характеризуются мозаичным распространением по территории региона, что обусловлено различиями в природно-климатической зональности и структуре местных фитоценозов. Целью данной работы являлась оценка запасов основных видов лекарственных растений Новосибирской области для разработки рекомендаций по их рациональному использованию.

Исследования проведены в 2023–2025 гг. Использованы маршрутные учеты, метод пробных площадей, ГИС-технологии для картирования ареалов. Расчет запасов выполнен по методике ВИЛАР с учетом проективного покрытия, биомассы и плотности ценопопуляций. Выявлено 47 видов лекарственных растений промыслового значения. Наибольшие запасы сосредоточены в подтаежной и лесостепной зонах: *Thymus serpyllum* до 120 т сырой массы, *Hypericum perforatum L.* до 45 т, *Origanum vulgare* до 38 т. При исследовании установлена пространственная неоднородность распределения: максимальная плотность ценопопуляций характерна для нарушенных местообитаний. Показано, что 23 % учтенных видов имеют сокращающиеся популяции и требуют ограничения заготовок. В отношении перспективных видов необходимы дополнительные исследования по природным зонам и типам местообитаний, учитывающих биологические циклы растений, их продуктивность и способность ценопопуляций к естественному восстановлению.

Регион обладает потенциалом для развития заготовки и переработки лекарственного растительного сырья, особенно в рамках импортозамещения. Суммарные прогнозные запасы лекарственного сырья в регионе оцениваются в 310–380 т/год. Для обеспечения устойчивого природопользования и сохранения биоразнообразия предложено: внедрение ротационной системы заготовок с циклом 3–4 года; расширение исследований по химическому составу, фармакологической активности и технологиям культивирования *in vitro* перспективных и дефицитных видов; мониторинг состояния ценопопуляций редких видов. Полученные данные могут быть использованы при разработке региональных программ развития фитотерапии.

СТРЕССОВЫЕ ФАКТОРЫ ДЛЯ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

И. В. Гордеева

УрГЭУ, Екатеринбург, Россия

ivgord@mail.ru

Ключевые слова: стрессовый факторы, городские парки, урбанизированные территории, древесные насаждения

STRESS FACTORS FOR WOODY PLANT SPECIES IN URBANIZED AREAS

I. V. Gordeeva

USUE, Yekaterinburg, Russian Federation

Keywords: stress factors, city parks, urbanized areas, trees

В работе представлены результаты оценки состояния древесных насаждений на территории парковых зон в центре Екатеринбурга. Все обследованные территории подвергаются интенсивному антропогенному прессингу вследствие активного посещения жителями города, а также испытывают негативное воздействие со стороны расположенных рядом крупных автострад. Возраст большинства деревьев, независимо от видовой принадлежности, составляет 40–70 лет, молодые растения составляют не более 12–15 % от всей биомассы. Исследование осуществлялось на протяжении 2015–2025 гг. в четырех городских парках, площадь каждого из которых не превышала 8,5 га. Оценка общего состояния древесных насаждений производилась с использованием стандартной шкалы категорий на основании характеристики густоты кроны путем сплошного пересчета деревьев видов *Tilia cordata Mill., Betula pendula Roth., Populus balsamifera L., Picea obovata Ledeb., Picea purgens Engelm.* и *Larix sibirica Ledeb*. с разнесением их по категориям состояния. Кроме того, у видов деревьев *Tilia cordata, Betula pendula и Populus balsamifera* производилась оценка интегрального коэффициента флуктуирующей асимметрии листовых пластин по пяти ключевым промерам. Результаты исследования свидетельствуют, что состояние для 35 % всех деревьев характерно общее неблагополучное состояние, что подтверждается как высокими показателями коэффициентов флуктуирующей асимметрии листовых пластин у *Betula pendula, Tilia cordata и Populus balsamifera*, колеблющимися от средних отклонений от нормы до критических значений, так и общим состоянием лиственной и хвойной кроны. Отмечены также достоверные различия между показателями флуктуирующей асимметрии для одних и тех же территорий в зависимости от года проведения измерений, что может коррелировать с погодно-климатическими условиями в конкретном регионе. Среди хвойных видов деревьев наибольший уровень стресса был зафиксирован у представителей вида *Picea obovata,* показатели дефолиации кроны которых в парковых зонах достигали 30–50 %, что соответствует сильно ослабленному состоянию и свидетельствует о высоком уровне неблагополучия деревьев в урбанизированных условиях.

РОЛЬ ЭНДОФИТНОГО МИКРОБИОМА В ЗАБОЛЕВАНИИ КЕДРА СИБИРСКОГО БАКТЕРИАЛЬНОЙ ВОДЯНКОЙ В ПРИБАЙКАЛЬЕ

И. Д. Гродницкая, В. А. Сенашова, О. Э. Цуканова

ИЛ СО РАН, Красноярск, Россия

**igrod@ksc.krasn.ru*

Ключевые слова: бактериальная водянка, биоразнообразие, микробиом, эндосфера

THE ROLE OF THE ENDOPHYTIC MICROBIOME INVOLVED IN BACTERIAL DROPSY DISEASE OF SIBERIAN PINE IN THE BAIKAL REGION

I. D. Grodnitskaya, V. A. Senashova, O. E. Tsukanova

Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation

Keywords: bacterial dropsy, biodiversity, microbiome, endosphere

Эндофитный микробиом (эндофиты) – это сложно организованная ассоциация, в которой микроорганизмы взаимодействуют с растением, колонизируя внутренние ткани растений в течение своей жизни, и испытывают множество различных взаимных влияний, как симбиотических, так и паразитических. Проявление патогенного влияния эндофитов на растения зависит от множества факторов, прежде всего от ослабления иммунной системы дерева. В последние годы в Прибайкалье (Иркутская область, Республика Бурятия) отмечены массовые усыхания пихтово-кедровых насаждений, вследствие активизации заболевания «бактериальная водянка» (bacterial wetwood). В настоящее время это заболевание считается комплексным, т. е. в патологическом процессе может участвовать целая группа различных микроорганизмов, в том числе и непатогенных. Причиной wetwood называют всю совокупность бактерий, изолированных из мокрой древесины деревьев, большей частью состоящей из сапротрофных видов, не имеющих явного отношения к внутренней патологии ствола.

Целью работы являлось выделение состава эндофитных микробиомов, выделенных из разной степени поврежденных водянкой деревьев сосны кедровой сибирской. Объектами исследований являлись керны и спилы деревьев сосны кедровой, объединенные в группы по степени поражения бактериальной водянкой: А – 25 %, Б – 50 % и С – 75 %. С помощью метагеномного анализа (NGS) определяли таксономический состав эндофитных бактерий, находящихся в мокрых тканях.

Сравнение биоразнообразия эндосферы исследуемых групп деревьев показало различие в качественном и количественном составах бактерий в зависимости от степени заболевания. Обогащенность бактериями деревьев группы А и С была схожа по численности, но различна по качественному составу. Прокариотный состав деревьев группы Б обладал наиболее обильным количеством видов, в то время как в группе С отмечено уменьшение видового разнообразия, но при этом возрастала степень доминирования отдельных видов. Бактериобиомы групп А и Б различались между собой на 3,5–4 %; А и С – на 1,7–3,3 %; Б и С – на 0,5–3 %. Качественный состав микробиомов всех групп состоял из условно-патогенных (18–28 %), патогенных (3–12 %) и сапротрофных (54–61 %) видов бактерий. Наибольшая доля патогенных видов отмечена в группе Б.

Работа выполнена в рамках базового проекта ФИЦ КНЦ РАН ИЛ СО РАН FWES-2024-0029.

АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА И МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *BUPLEURUM AUREUM* ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ

С. А. Дубровная [1]*, Э. В. Бабынин [1], А. Н.Акулов [2], Л. З. Хуснетдинова [1], Л. В. Рыжова [3], О. А. Тимофеева [1]

[1] К(П)ФУ, Казань, Россия
[2] КИББ КАЗНЦ РАН, Казань, Россия
[3] МарГУ, Йошкар-Ола, Россия

**sdubrovnaya@inbox.ru*

Ключевые слова: генетическая поливариантность, флавоноиды, ревификация

ANALYSIS OF GENETIC POLYMORPHISM AND MORPHOPHYSIOLOGICAL VARIABILITY OF *BUPLEURUM AUREUM* POPULATIONS FOR POPULATION RECOVERY

S. A. Dubrovnaya [1]*, E. V. Babynin [1], A. N. Akulov [2], L. Z. Khusnetdinova [1], L. V. Ryzhova [3], O. A. Timofeeva [1]

[1] KFU, Kazan, Russian Federation
[2] KIBB, Kazan, Russian Federation
[3] MarSU, Yoshkar-Ola, Russian Federation

Keywords: genetic multivariance, flavonoids, revivification

Характерной особенностью ресурсоведения является учет биологических ресурсов на целевых территориях и выделение категорий лекарственных растений, что позволяет унифицировать подходы к их использованию и сохранению. Для Республики Татарстан (РТ), где отмечается высокая антропогенная нагрузка, важным направлением исследования является разработка научно обоснованных рекомендаций по восстановлению природных популяций. Восстановление популяций на ранее существующих участках (ревификация) необходимо осуществлять с учетом сохранения генетического полиморфизма природных популяций и хозяйственно важных признаков. С этой целью на территории РТ были изучены морфометрические и биохимические показатели ценопопуляций *B. aureum*, методом случайно амплифицированной полиморфной ДНК оценен генетический полиморфизм этих популяций.

Установлено, что содержание фенольных соединений определялось как влиянием конкретного сезона и особенностью местообитания, так и взаимодействием этих факторов. Увеличение содержания вторичных метаболитов в условиях стресса отразилось на биомассе растений, которая в засушливый период существенно снизилась во всех местообитаниях. Для каждой ценопопуляции было получено три оценки генетической изменчивости: процент полиморфных локусов, информационный индекс Шеннона, средняя ожидаемая гетерозиготность, основанная на объективной оценке Нея. Образцы, отобранные из ценопопуляций, характеризовались значительной неоднородностью. Обнаружено, что вариативность в содержании флавоноидов и фенольных соединений в популяциях положительно коррелирует с показателями генетического полиморфизма.

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ТАЛЛОМОВ *NOSTOC COMMUNE* (CYANOBACTERIA) ИЗ РАЗНЫХ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

И. Н. Егорова*, О. В. Шергина, В. В. Гурина

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**egorova@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: *Nostoc commune*, минеральные элементы, жирные кислоты, пигменты

FEATURES OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF *NOSTOC COMMUNE* (CYANOBACTERIA) THALLI FROM DIFFERENT ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS

I. N. Egorova*, O. V. Shergina, V. V. Gurina

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: *Nostoc commune*, mineral elements, fatty acids, pigments

Носток обыкновенный (*Nostoc commune*) – распространенный в наземных местообитаниях организм, участвует в биогеохимических циклах, используется в пищу и в народной медицине населением некоторых стран, в восстановлении нарушенных земель. Нами в ходе исследований вида были отобраны образцы в нескольких регионах юга Сибири и Монголии. В талломах носток определили концентрации ряда элементов, зольность, жирнокислотный состав липидов и содержание пигментов. Отмечена вариабельность этих показателей у образцов из разных эколого-географических условий. Массовая доля золы в носток варьировала от 0,9 до 7,1 %, в среднем составила 3,6 % ($n = 16$). Максимальные показатели зольности установлены для талломов с территорий с высоким уровнем техногенного загрязнения. Содержание углерода в региональных образцах достигало 20,6 % до 38,3 % от абс. сухой массы, в среднем составило 33 %. Среднее содержание общего азота в носток – 3,5 %, пределы колебаний: от 2,6 до 5,1 % ($n > 80$). Более подробные данные об элементном составе приводились нами ранее (Егорова и др., 2023; Тупикова и др., 2023). Было установлено, что наибольшие концентрации тяжелых металлов обнаружены в носток, собранном вблизи техногенного отвала предприятия химической промышленности (Zn, Pb, Cu) и автотрасс (Pb). Содержание Хл *a* в образцах вида из разных местонахождений варьировало в пределах 0,11–0,58 мг/л, в среднем составило – 0,25 мг/л; каротиноидов – от 0,7 до 0,52 мг/л, среднее – 0,22 мг/л. Отмечена положительная корреляция между содержанием пигментов и общего азота в талломах. Содержание каротиноидов было выше в образцах с высоким содержанием хлорофилла. Среди насыщенных жирных кислот в изученных образцах преобладали пальмитиновая (в среднем до 37 % от суммы всех кислот) и стеариновая (~11 %). Из ненасыщенных относительно высокие количества установлены для олеиновой (~12 %) и линолевой жирных кислот (в среднем до 7,9 % от суммы).

ИНТЕНСИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В ХВОЕ *PINUS SYLVESTRIS* И *LARIX SIBIRICA* ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

О. В. Калугина [1]*, Л. В. Афанасьева [2], А. А. Строкина [1], Е. В. Прадедова [1]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ИОЭБ СО РАН, Улан-Удэ, Россия

**phytotox@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: *Larix sibirica, Pinus sylvestris,* окислительный стресс, уровень загрязнения, ферменты

INTENSITY OF OXIDATIVE PROCESSES AND ENZYMES ACTIVITY OF ANTIOXIDANT SYSTEM IN THE *PINUS SYLVESTRIS* AND *LARIX SIBIRICA* NEEDLES UNDER DIFFERENT LEVELS OF TECHNOGENIC POLLUTION

O. V. Kalugina [1]*, L. V. Afanasyeva [2], A. A. Strokina [1], E. V. Pradedova [1]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] IGEB SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation

Keywords: *Larix sibirica, Pinus sylvestris*, oxidative stress, pollution level, enzymes

Промышленные выбросы алюминиевого производства оказывают негативное воздействие на состояние древесных растений. При этом эффективность защитных реакций деревьев на техногенный стресс во многом определяются особенностями функционирования их антиоксидантной системы (АОС). Цель данного исследования – изучить изменение активности основных антиоксидантных ферментов в хвое *Pinus sylvestris* L. и *Larix sibirica* Ledeb., произрастающих вдоль градиента загрязнения выбросами Братского алюминиевого завода и оценить их роль в развитие окислительного стресса, инициируемого поллютантами. На основе кластерного анализа данных по содержанию в хвое элементов-загрязнителей выделены пять уровней загрязнения: фоновый, слабый, средний, сильный и критический. Установлено, что способность *L. sibirica* к накоплению загрязняющих веществ выше, чем у *P. sylvestris*. Показано, что их накопление в хвое индуцирует окислительный стресс, проявляющийся в увеличении содержания H_2O_2 и малонового диальдегида в 1,3–4,6 раза в сравнении с фоновыми значениями. Наиболее выражены изменения в хвое сосны. Анализ энзиматического компонента АОС выявил его видоспецифические особенности. У *P. sylvestris* активность пероксидазы и каталазы выше, чем у *L. sibirica*, при этом пероксидаза сосны сохраняет активность в широком диапазоне pH (3,0–11,0). Ее уровень оставался высоким даже при критическом загрязнении, тогда как активность каталазы при той же нагрузке снижалась в 1,5–2,0 раза по сравнению с фоновым уровнем. В хвое сосны также выявлено большее разнообразие изоформ пероксидазы, что может указывать на более широкие адаптационные возможности ее ферментативной системы. Корреляционный анализ выявил отрицательную связь активности каталазы с содержанием фтора, тяжелых металлов и ПАУ, и положительную – для пероксидазы, что свидетельствует о различных функциях этих ферментов в защитной системе растения, активируемой техногенным воздействием.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00475, https://rscf.ru/project/25-26-00475/.

ЭКОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕХ ВИДОВ РОДА *ALLIUM L. (AMARYLLIDACEAE),* ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Л. А. Колесова*, М. И. Соловьева

СВФУ, Якутск, Россия

**kolesova@mail.ru*

Ключевые слова: *Allium*, метаболомный профиль, УВЭЖХ, Центральная Якутия

ECOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERIZATIONS OF THREE SPECIES OF THE GENUS *ALLIUM L. (AMARYLLIDACEAE)* FROM CENTRAL YAKUTIA

L. A. Kolesova*, M. I. Solovyova

NEFU, Yakutsk, Russian Federation

Keywords: Allium, metabolomic profile, UHPLC, Central Yakutia

Объекты исследования: лук скорода (*Allium schoenoprasum* L.), лук торчащий (*Allium strictum* Schrad) и лук блестящий (*Allium splendens* Willd. ex Schult. & Schult.f.), достаточно широко распространенные в Центральной Якутии виды были собраны в природных популяциях, приуроченных к долинам среднего течения Лены. Участки сбора *A. schoenoprasum* и *A. strictum* приходились на пойменную часть долины, представляли собой разнотравные заливные луга. *A. splendens* был собран на степном лугу, на надпойменной террасе, это типичный ксеромезофит, характеризующийся выносливостью к засухе и стратегией вегетативного самоподдержания популяций.

Нецелевой метаболомный анализ растительных образцов проводился методом сверхвысокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией. Метаболомные профили *A. schoenoprasum* и *A. strictum* имели сходство и были представлены в основном фенольными соединениями. Исследование биохимического состава *A. splendens* проводилось впервые, компонентный состав отличается от других видов: определяется бергенин, антрахино алоин, корхорифатная кислота впервые в пределах рода.

Видоспецифичность метаболомных профилей растений представляет собой потенциал для раскрытия конкретных биохимических процессов, вовлеченных в адаптивные реакции растений. Вместе с тем получаемые в ходе научных исследований метаболомные матрицы создают основу для дальнейших хемотаксономических изысканий, что особенно важно для рода *Allium.*

Основные публикации авторов по тематике доклада:

Колесова Л. А., Соловьева М. И. Биоморфологическая изменчивость Allium splendens Willd. ex Schult. в условиях Центральной Якутии // Вестник СВФУ. 2025. Т. 22, № 1. С. 7–15.

Chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of three eurasian wild Allium species as potential ingredient for nutraceuticals and foods supplements / L. A. Kolesova, S. B. Kenmogne, M. I. Soloveva, S. C. Fotso, S. S. Kuzmina, N. F. Roland, N. T. E. Prudence, A. T. Tcho, F. A. A. Toze // Chem Biodivers. 2026. Vol. 23, N 3. P. e03545.

МНОКОМПОНЕНТНОСТЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФАКТОРА (GXE) ОТРАЖАЕТ ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ ЛЬНА В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО СТРЕССА

К. П. Королёв [1]*, Д. Б. У. Собиржонов [2]

[1] ФГАОУ ВО «ТюмГУ», Тюмень, Россия
[2] Международный университет Туран, Наманган, Узбекистан

korolevkonstantin799@gmail.com

Ключевые слова: абиотическая устойчивость, *Linum usitatissimum* L., морфофизиологические параметры, мужской гаметофит, пыльцевые маркеры

MULTI-COMPONENT NATURE OF GENOTYPE-BY-ENVIRONMENT (GXE) INTERACTION REFLECTS THE ADAPTIVE RESPONSES OF FLAX PLANTS UNDER SALINITY STRESS

K. P. Korolev [1]*, D. B. U. Sobirzhonov [2]

[1] FSAEI of HE «Tyumen State University», Tyumen, Russian Federation
[2] Turan International University, Namangan, Uzbekistan

Keywords: abiotic resistance, *Linum usitatissimum* L., morphophysiological parameters, male gametophyte, pollen markers

Раскрытие системных механизмов адаптации фитоценозов к изменяющимся факторам среды выступает важным этапом в моделировании их экологической пластичности и позволяет осуществлять скрининг биоразнообразия для формирования устойчивых генетических ресурсов. Прогрессирующее изменение глобального климата детерминирует негативную трансформацию почвенного покрова; интенсификация этого процесса обуславливает экспансию вторичного засоления почв, создающего эдафический лимитирующий фактор для вегетации растений, включая *Linum usitatissimum* L. В данном контексте гаметофитный отбор выступает как эффективный экспресс-метод дифференциации стрессоустойчивых форм. Объект исследования – 5 генотипов льна-долгунца (G1–G5). Оценку нормы реакции льна проводили в лаборатории Школы естественных наук ТюмГУ (2024–2025 гг.) путем верификации жизнеспособности и функциональной активности мужского гаметофита (пыльцы) в условиях ионно-осмотического прессинга (85, 170 и 255 мМ NaCl) по проценту прорастания пыльцевых зерен и кинетике элонгации пыльцевых трубок *in vitro*. Рассчитывали индексы: солеустойчивости пыльцы (PSI), депрессии гаметофитных признаков (PDI) и относительной жизнеспособности гаметофита (RGVI). С помощью двухфакторного дисперсионного анализа (ANOVA) установлен значимый ($p < 0,01$) вклад взаимодействия компоненты генотипа и среды (G×E) – 19,4–25,6 %, при доле влияния генотипа (G) – 34,5–44,3 %, средовых условий (E) – 44,8–52,6 %. Попарное множественное сравнение по критерию Тюки (HSD, $p < 0,05$) позволило верифицировать достоверность различий между генотипами и средами. Анализ индексов PSI и RGVI выявил адаптивные стратегии: у неустойчивой группы пороговый гомеостаз преодолевался при критической концентрации 170 мМ, что приводило к увеличению PDI. Полученные результаты доказывают эффективность гаметофитного скрининга и фенотипирования спорофита в полевых условиях при оценке генотипов льна на устойчивость к солевому стрессу.

ШТАММЫ ЭНТОМОПАТОГЕННОЙ БАКТЕРИИ *BACILLUS THURINGIENSIS* КАК БИОАГЕНТЫ МИКРОБНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

А. В. Крыжко

ФГБУН НИИСХ Крыма, Симферополь, Россия

nk_lib@mail.ru

Ключевые слова: штамм, *Bacillus thuringiensis*, классификация, целлюлозолитическая активность, энтомоцидная активность

STRAINS OF THE ENTOMOPATHOGENIC BACTERIUM *BACILLUS THURINGIENSIS* AS BIOAGENTS OF MICROBIAL CELLULOSE DESTRUCTION

A. V. Kryzhko

Research Institute of Agriculture of Crimea, Simferopol, Russian Federation

Keywords: strain, *Bacillus thuringiensis*, classification, cellulolytic activity, entomicidal activity

Процесс микробной деструкции целлюлозы имеет огромное значение как один из ключевых факторов естественной утилизации пожнивных остатков, увеличения гумусонакопления и поддержания почвенного плодородия. Целлюлазы как ферменты в настоящее время широко применяются в ветеринарии, производстве продуктов питания, легкой промышленности, отбеливании, производстве бумаги, удобрений. Целью данной работы было изучить целлюлозолитическую активность штаммов *B. thuringiensis* Крымской коллекции микроорганизмов, принадлежащих к серотипам *thuringiensis*, *sotto*, *darmstadiensis* и *kurstaki*, а также классифицировать их по энтомоцидности и способности влиять на эмиссию CO_2 почвы). Что-то пропущено?

Было установлено наличие целлюлазной активности культуральной жидкости штаммов *B. thuringiensis*. Проведенный кластерный анализ позволил разделить коллекционные штаммы на 5 групп, характеризующихся разной степенью энтомоцидной активности, влияния на почвенное дыхание и способности к деструкции целлюлозы. Наиболее высокими значениями данных показателей характеризовались штаммы *B. thuringiensis* 0371, 792, 989, 800. Исследована также зависимость между исследуемыми агрономическими свойствами штаммов и принадлежности к тому или иному серотипу. Установлено, что штаммы *B. thuringiensis* могут быть классифицированы на 5 групп, на 72,72 % соответствующих их таксономической классификации по серотипам. Показано, что максимальная целлюлазная активность, достигающая в среднем 0,25 мкг/мл, оказалась характерной для штаммов *B. thuringiensis*, принадлежащих к серотипу *thuringiensis*, а максимальной целлюлозолитической активностью (до 80 % в среднем) обладали штаммы, принадлежащие к серотипам *kurstaki* и *thuringiensis*.

Исследование выполнено при поддержке Государственного задания Минобрнауки России № FNZW-2022-0006.

Основная публикация автора по тематике доклада:

Крыжко А. В. Выявление целлюлозолитической активности штаммов энтомопатогенной бактерии Bacillus thuringiensis // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2026. Т. 16, № 1. С. 72–81. DOI: 10.21285/achb.1015

ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЕЛИ НА ВЫРУБКЕ ЕЛЬНИКА ЧЕРНИЧНОГО (СРЕДНЯЯ ТАЙГА, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

М. А. Кузнецов

ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

kuznetsov_ma@ib.komisc.ru

Ключевые слова: вырубка, ель сибирская, подрост

NATURAL REGENERATION OF SPRUCE IN A BILBERRY SPRUCE FOREST CLEAR-CUT (MIDDLE TAIGA, KOMI REPUBLIC)

M. A. Kuznetsov

IB FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russian Federation

Keywords: ground vegetation, industrial felling, spruce

На европейском Северо-Востоке России преобладают еловые леса. Они занимают 54,3 % лесопокрытой площади Республики Коми и являются зональными. В настоящее время ежегодно промышленными рубками в регионе проходится около 40–60 тыс. га, а объем заготавливаемой древесины составляет 8–10 млн м^3.

Объект исследования − ельник черничный (перечет 2003 г.) и его вырубка четырех- (перечет 2009 г.), десяти- (перечет 2015 г.), пятнадцати (перечет 2021 г.) и двадцати (перечет 2025 г.) лет.

В ельнике черничном подрост в количестве 2,0 тыс. экз. га$^{-1}$ представлен только елью (100Е). В зимний период 2005–2006 гг. в рассматриваемом ельнике была проведена сплошнолесосечная рубка с хлыстовой трелевкой древесины. На 4-летней вырубке (перечет 2009 г.) общее количество подроста составляет 3,4 тыс. экз. га$^{-1}$. В породном составе подроста вырубки доминируют ель и береза. Подрост образован преимущественно елью предварительного происхождения в основном здоровый (69 %). Спустя 10 и 15 лет после рубки ельника доля подроста ели составляет 3,2 и 3,6 тыс. экз. га$^{-1}$ соответственно. Преобладают здоровые особи. Через 20 лет после рубки количество елового самосева и подроста снижается до 3,3 тыс. экз. га$^{-1}$, что связано как с естественным отмиранием отдельных особей, так и с выходом подроста в древостой.

Таким образом, исследования на начальных этапах формирования производного насаждения на вырубках показали, что после сплошнолесосечной рубки ельника черничного на полугидроморфных почвах с сохранением елового подроста происходит интенсивный лесовозобновительный процесс.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы НИР «Средообразующая роль и продуктивность лесных и болотных экосистем европейского северо-востока России», номер регистрации 125020501547-8.

Основные публикации автора по тематике доклада:

Бобкова К. С., Лиханова Н. В., Кузнецов М. А. Влияние промышленных рубок на круговорот веществ в системе почва – фитоценоз среднетаежных ельников на болотно-подзолистых почвах. СПб. : Наука, 2024. 246 с.

Plyusnina S. N., Kuznetsov M. A. Influence of industrial felling on the structure of spruce undergrowth needles // Biology Bulletin. 2025. Vol. 52, N 1. P. 1−9. DOI: 10.1134/S1062359024608851

СОХРАНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ КАК ЭЛЕМЕНТ УСТОЙЧИВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСАМИ

А. Н. Кулагина

ИЛ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

kulaga1996@yandex.ru

Ключевые слова: сохранение биоразнообразия, устойчивое управление лесами

CONSERVATION OF BIOLOGICAL DIVERSITY AS AN ELEMENT OF SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT

A. N. Kulagina

Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation

Keywords: conservation of biodiversity, sustainable forest management

Устойчивое управление лесами включает в себя восемь основных элементов, одним из которых является сохранение биологического разнообразия в лесах. Важность сохранения биоразнообразия лесных экосистем объясняется его ролью в поддержании способности экосистемы восстанавливаться после внешних воздействий и сохранять основные потоки вещества и энергии.

Для внедрения принципов устойчивого лесоуправления разрабатываются критерии и индикаторы, учитывающие специфику климатических и региональных факторов. В России используются три набора критериев и индикаторов: разработанные в рамках Хельсинского и Монреальского процесса, а также набор, утвержденный Рослесхозом в 1998 г. Сохранению биологического разнообразия уделяется внимание во всех трех перечисленных выше наборах.

Индикаторы, относящиеся к критериям устойчивого лесоуправления, связанным с сохранением биоразнообразия, перечисленных выше наборов, в обобщенном виде направлены на определение следующих основных целевых характеристик: уровень сохранности естественных типов лесов, в том числе за счет проведения естественного лесовосстановления; преобладание смешанных лесов над чистыми; поддержание разнообразия лесных экосистем за счет разновозрастной и разнопородной структуры насаждений; наличие защитных лесов, выделяемых в целях сохранения местообитаний видов и создания особо охраняемых природных территорий; уменьшение видов, находящихся под угрозой исчезновения; поддержание большого количества видов в лесных экосистемах, а также генетическое разнообразие на рассматриваемой территории.

В рамках исследования были вычислены значения критериев и индикаторов устойчивого управления лесами, направленных на сохранение биоразнообразия, в Иркутской области и Красноярском крае как ведущих лесных регионов России.

Однако ни одним из указанных наборов критериев и индикаторов устойчивого лесоуправления не предусмотрены нормативные значения вычисляемых показателей, позволяющие определить уровень эффективности сохранения биоразнообразия в рамках данной концепции, а также не предусмотрена возможность проведения сравнительного анализа различных территорий, что представляет собой перспективное направление дальнейших исследований.

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА УСТОЙЧИВОСТИ РОССИЙСКИХ СОРТОВ МЯГКОЙ И ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ К ГРИБНЫМ ПАТОГЕНАМ

И. Н. Леонова [1]*, П. Н. Мальчиков [1,2], Е. С. Сколотнева [1], Е. А. Орлова [1], В. В. Пискарев[1], М. Г. Мясникова [2], В. А. Апарина [1], Т. В. Чахеева [1,2]

[1] ФИЦ ИЦиГ СО РАН, Новосибирск, Россия
[2] Самарский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН, пгт. Безенчук, Россия

**leonova@bionet.nsc.ru*

Ключевые слова: *T. aestivum*, *T. durum*, мучнистая роса, бурая ржавчина, стеблевая ржавчина, септориоз

GENETIC BASIS OF RESISTANCE OF RUSSIAN BREAD AND DURUM WHEAT VARIETIES TO FUNGAL DISEASES

I. N. Leonova [1]*, P. N. Mal'chikov [1,2], E. S. Scolotneva [1], E. A. Orlova [1], V. V. Piskarev [1], M. G. Myasnikova [2], V. A. Aparina [1], T. V. Chakheeva [1,2]

[1] ICG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[2] Samara Research Institute of Agriculture named after N. M. Tulaikov, Bezenchuk, Russian Federation

Keywords: *T. aestivum*, *T. durum*, powdery mildew, leaf rust, stem rust, septoriosis

Урожайность и качество зерна мягкой (*T. aestivum*) и твердой пшеницы (*T. durum*) существенно зависит от устойчивости сортового материала к возбудителям грибных болезней. В состав патогенного комплекса, распространенного на территории Российской Федерации, входят возбудители таких заболеваний, как бурая и стеблевая ржавчина, мучнистая роса и септориоз, ежегодные потери урожая от которых достигают 20 %. Целью данной работы являлся скрининг коллекций образцов мягкой и твердой пшеницы по генетическим локусам, ассоциированным с устойчивостью к грибным болезням. В результате фитопатологических испытаний на восприимчивость к патогенам, проведенных в 2018–2025 гг. в условиях естественного инфекционного фона Новосибирской и Самарской областей, были выявлены генотипы, характеризующиеся различной степенью устойчивости к патогенам, в том с комплексной устойчивостью. Генотипирование мягкой и твердой пшеницы маркерами SNP и последующий полногеномный анализ для поиска ассоциаций маркер-признак, выявили восемь локусов для устойчивости к мучнистой росе, девять QTLs для устойчивости к бурой и стеблевой ржавчине и десять QTLs для септориоза. Часть идентифицированных локусов являются новыми и происходят из генома дикорастущих видов. Результаты GWAS подтверждены скринингом генотипов STS, SCAR и SSR маркерами, сцепленными с известными генами устойчивости. Сравнительный анализ данных, полученных для мягкой и твердой пшеницы, выявил сходные хромосомные районы локализации генов, характерные для обоих видов пшеницы. Полученные результаты могут быть востребованы специалистами в области иммунитета для создания новых генотипов с комплексной устойчивостью к болезням.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-16-00041-П, https://rscf.ru/project/23-16-00041).

АТЛАС ЦИФРОВОЙ БИОЭНЕРГЕТИКИ МИКРООРГАНИЗМОВ

А. В. Литвин [1,2], А. С. Лапашина [1,2], Б. А. Фенюк [1,2]*

[1] Центральный университет, Москва, Россия
[2] МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

b.fenyuk@cu.ru

Ключевые слова: АТФазы, биоэнергетика, мембранная энергетика, прокариоты

DIGITAL ATLAS OF MICROBIAL BIOENERGETICS

A. V. Litvin [1,2], A. S. Lapashina [1,2], B. A. Feniouk [1,2]*

[1] Central University, Moscow, Russian Federation
[2] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Keywords: ATPases, bioenergetics, membrane energetics, prokaryotes

Устойчивость микроорганизмов к неблагоприятным факторам среды во многом зависит от мембранной биоэнергетики: способности клетки создавать и использовать протон- или натрий-движущую силу, поддерживать pH-гомеостаз, питать транспортные системы и переживать энергетический стресс. Однако сведения о биоэнергетических системах бактерий и архей до сих пор фрагментированы и плохо связаны с экологическими и фенотипическими данными.

Первым шагом на пути создания цифрового атласа биоэнергетики прокариот является база данных ProAD, созданная для систематического описания роторных ионтранслоцирующих АТФаз бактерий и архей. В ProAD на материале таксономически репрезентативной выборки GTDB v202 были идентифицированы гены субъединиц F-, A- и N-АТФаз с использованием HMM-профилей, реконструированы генные кластеры и предсказана H^+ или Na^+-специфичность фермента. Анализ 45555 бактериальных и 2339 архейных геномов выявил 48143 роторные АТФазы с полным набором ключевых субъединиц. Показано, что большинство бактериальных геномов кодируют одну F-АТФазу, тогда как у части таксонов встречаются сочетания нескольких F-, A- и N-АТФаз с различной ионной специфичностью; кроме того, обнаружены группы прокариот, у которых гены роторных АТФаз отсутствуют или представлены неполно.

В дальнейшем планируется расширить базу данных информацией о дыхательных и фотосинтетических электрон-транспортных цепях, комплексах RNF/NQR-типа, светозависимых ионных насосах, энергосопряженных декарбоксилазах и других системах, формирующих и использующих трансмембранный электрохимический потенциал. Кроме того, информация о ферментах биоэнергетики будет связана с физиологией, экологическими нишами, стрессоустойчивостью и патогенностью. Такой атлас позволит переходить от геномной последовательности к интерпретируемой «энергетической архитектуре» микроорганизма и выявлять биоэнергетические признаки адаптации к кислотности, солености, анаэробиозу, симбиозу и паразитизму. Для патогенных бактерий он также может служить инструментом поиска консервативных и селективных антибактериальных мишеней.

СОХРАНЕНИЕ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* ВИДА ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ ЗАПАДНОГО КАВКАЗА *HELLEBORUS CAUCASICUS* A. BR.

В. И. Маляровская*, Г. А. Цатурян
ФИЦ СНЦ РА, Сочи, Россия
**malayrovskaya@yandex.ru*

Ключевые слова: Морозник кавказский, морфогенез, регуляторы роста, ризогенез

CONSERVATION OF THE NATURAL FLORA OF THE WESTERN CAUCASUS IN VITRO CONDITIONS *HELLEBORUS CAUCASICUS* A. BR.

V. I. Malyarovskaya*, G. A. Tsaturyan
FRC SSC RAS, Sochi, Russian Federation

Keywords: *Helleborus caucasicus*, morphogenesis, growth regulators, rhizogenesis

Helleborus caucasicus A. Br. – редкий вид природной флоры Западного Кавказа, который внесен в Красную книгу Краснодарского края. Вид перспективен в качестве декоративного растения, помимо этого растения содержат биологически активные вещества, используемые в фармакологии. Для сохранения и размножения морозника кавказского применен метод клонального микроразмножения в условиях *in vitro*. Целью наших исследований являлось изучение влияния регуляторов роста на морфогенные процессы *Helleborus caucasicus* A. Br. на этапах микроразмножения и индукции ризогенеза.

В результате исследований нами выявлены различия в морфометрических показателях эксплантов *H. caucasicus* в зависимости от концентрации регуляторов роста в питательной среде. Изучение влияния различных регуляторов роста и их концентраций на индукцию морфогенеза показало, что наиболее эффективной для роста и развития побегов оказалась питательная среда с содержанием 6 БАП – 3,0 мг/л, ИМК – 0,5 мг/л и ГКЗ – 1,5 мг/л. При повышении концентрации этих регуляторов роста длина побегов *H. caucasicus* уменьшилась в среднем почти на 2 см.

Также выявлено, что наибольшие морфометрические показатели (длина корней, 3,9 см) были отмечены на том же варианте питательной среды, содержащем 6 БАП, ИМК и $ГК_3$ в концентрации 3,0, 0,5 и 1,5 мг/л соответственно. При этом выявлена зависимость, с повышением концентрации регуляторов роста происходило уменьшение длины корней растений-регенерантов. В то же время наименее эффективным для роста микропобегов морозника был вариант с пониженным содержанием регуляторов роста и контроль (без регуляторов роста). Наибольшее количество корней (4,7 шт/эксплант) отмечено на том же варианте питательной среды, что и длина корней, а наименьшее количество корней (1,4 шт/эксплант) формировалось на среде без регуляторов роста (контроль).

Протокол, разрабатываемый в настоящем исследовании, может быть использован для длительного сохранения и размножения в условиях *in vitro* редкого вида *H. caucasicus*, с последующей реинтродукцией растений в естественные места произрастания.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ФИЦ СНЦ РАН № FGRW-2024-0008, рег. № 1023110900223-6- 4.1.1.

АНАЛИЗ САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ ТЕБЕРДИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

М. З. Моллаева*, Ю. М. Саблирова, Р. Х. Пшегусов, А. З. Ахомготов, З. Т. Бербекова

ИЭГТ РАН, Нальчик, Россия

**monika.011@yandex.ru*

Ключевые слова: *Abies nordmanniana* (Steven) Spach., *Picea orientalis* L., *Pinus sylvestris* L., ООПТ, оценка состояния

ANALYSIS OF THE PHYTOSANITARY STATE OF CONIFEROUS FORESTS IN THE TEBERDA NATIONAL PARK

M. Z. Mollaeva*, Yu. M. Sablirova, R. Kh. Pshegusov, A. Z. Akhomgotov, Z. T. Berbekova

IEMT RAS, Nalchik, Russian Federation

Keywords: *Abies nordmanniana* (Steven) Spach., *Picea orientalis* L., *Pinus sylvestris* L., protected areas, assessment of the condition

Последние 12 лет (с 2014 г.) в естественных еловых насаждениях Тебердинского национального парка зафиксировано очаговое усыхание *Picea orientalis* L. Несмотря на относительную изученность проблемы, единого мнения о причинах усыхания ели на исследуемой территории нет. К тому же исследователями не охвачены другие типы лесов национального парка, что важно для объективной оценки состояния лесов и актуально в контексте глобальных климатических изменений.

Всего было заложено 14 пробных площадей (900 м^2) от 1330 м до 1920 м, с применением известных методов и рекомендаций лесной таксации и санитарной оценки.

По результатам интегральной оценки жизненного состояния деревьев лесных участков национального парка высокие значения отмечены в изолированных ущельях Даут и Джамагат. В целом жизненное состояние сосновых лесов гораздо лучше, чем пихтовых и еловых. В ущелье Гоначхир отмечается мозаичность: наряду с усыхающими и погибшим ельниками наблюдаются и здоровые насаждения, где древостой носит смешанный характер (елово-пихтово-сосново-лещиново-разнотравный). В исследуемых выборках выявлены деревья с микологическими заболеваниями, вызванные: грибами рода Pucciniales, Pseudomonas pini Wuill. Neonectria galligena, Nectria ditissima Tul., Biatorella difformis (на деревьях были отмечены множественные трещины и повреждения коры, локализованные в средней части ствола) и Melampsorella cerastii Wint., Fomitopsis pinicola (Sw.) P. Karst.). Деревья *Pinus sylvestris* в 4 выборках имеют на ветках галлы, которые вызваны заселением клещей рода *Trisetacus.* (= M. Cerastii Winter). В ельниках ущелья Гоначхир отмечаются деревья с летными отверстиями – ходы короеда типографа (Ips typographus L.)?. Доминирующие в древостое одновозрастные деревья *Picea orientalis* полностью усохли (60 % от общего числа), единично произрастающие в составе древостоя деревья *Abies nordmanniana* не имеют морфологических изменений или признаков заболевании и отнесены к категории «здоровые».

РАСПРОСТРАНЕНИЕ БУРОГО ШЮТТЕ В СИБИРИ

Т. И. Морозова [1]*, Н. А. Павлюк [2]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] БСИ ДВО РАН, Владивосток, Россия

**ti.morozova@mail.ru*

Ключевые слова: заболевание, облигатный паразит, хвойные

DISTRIBUTION OF BROWN SCHUTTE IN SIBERIA

T. I. Morozova [1]*, N. A. Pavlyuk [2]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] BSI FEB RAS, Vladivostok, Russian Federation

Keywords: disease, obligate parasite, conifers

Грибное заболевание хвойных пород – бурое шютте или герпотрихия можжевельниковая является распространенным в Сибири, *Herpotrichia pinetorum* (Fuckel) G. Winter = *Herpotrichia juniperi* (Sacc.) Petr.

Трансголарктический вид. Политроф, облигатный паразит, развивающийся на представителях двух семейств хвойных – кипарисовых (род *Juniperus*), и сосновых (роды *Abies, Picea, Pinus*). В Байкальской Сибири отмечен на всех видах семейства сосновых (кроме *Larix*), а также на можжевельнике обыкновенном.

Хвоя и ветви еще под снегом окутываются густой черно-бурой грибницей. Хвоя отмирает, становится бурой, долго не опадает. Заражение происходит осенью, признаки повреждения появляются весной после таяния снега. На густых сплетениях мицелия появляются плодовые тела гриба перитеции. Поражает хвою на зимующих под снегом ветвях. Болезнь обнаруживается весной после снеготаяния. Пораженные хвоинки, будучи опутаны мицелием, слипаются. При отмирании они приобретают серовато-коричневый цвет и опадают только на следующий год.

Вызывает гибель сеянцев и подроста, у деревьев среднего и старшего возрастов поражаются только нижние ветви, погруженные во время зимовки в наземный снежный покров. Сеянцы 10–20 см высотой полностью усыхают. Вредоносность вида зависит от высоты снежного покрова и скорости таяния снега весной. Наиболее высокий процент повреждения отмечен в горно-таежных лесах. Характерен для районов, выделяющихся максимальной толщиной снежного покрова и обильными осадками.

Нами этот вид был отмечен: в Иркутской области, Республики Бурятия, Читинской области, Республики Якутия, Красноярском крае, Республики Алтай.

В ботанических садах и лесопитомниках следует проводить осеннюю обработку саженцев хвойных растений фунгицидами.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ НИТРАТОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОРХИДЕЙ УМЕРЕННОГО КЛИМАТА В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

А. Ю. Набиева [1]*, Б. А. Смоленцев [2], А. О. Шарафутдинова [1]

[1] ЦСБС СО РАН, Новосибирск, Россия
[2] ИПА СО РАН, Новосибирск, Россия

Ключевые слова: нитрат-ион, *Orchidaceae*, сохранение *in vitro*, устойчивость

THE EFFECT OF DIFFERENT NITRATE CONCENTRATIONS ON THE *IN VITRO* GROWTH AND DEVELOPMENT OF TEMPERATE ORCHIDS

A. Yu. Nabieva [1]*, B. A. Smolentsev [2], A. O. Sharafutdinova [1]

[1] CSBG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[2] ISSA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: nitrate-ion, *Orchidaceae*, *in vitro* conservation, resistance

Многие виды орхидей умеренного климата находятся под угрозой исчезновения и часто одной из причин сокращения популяций, по-видимому, является повышение уровня нитратов в почве, что может негативно влиять как на выживаемость прорастающих семян орхидей, так и эндофитной микрофлоры.

При введении орхидных в культуру *in vitro* применяемые в составе питательных сред неорганические источники азота могут напрямую ингибировать прорастание, что затрудняет выбор подходящей среды в практике сохранения редких видов. Некоторые питательные среды полностью лишены нитратов, которые заменены на различные органические источники азота. Однако вопрос о том, является ли ингибирующее действие нитратов на дальнейшее развитие сеянцев орхидей адаптивным признаком, влияющим на их устойчивость и клубнеобразование, до сих пор не выяснен.

Целью исследования было определение чувствительности к нитратам *in vitro* у сеянцев трех видов тубероидных орхидей для изучения особенностей их роста и изменения физиологического состояния в условиях нитратной нагрузки с использованием гистологических методов. Проведена корреляция между ростом протокормов, уровнем нитратов в питательной среде и в местах их произрастания.

Было определено, что повышенный уровень нитратов снижает выживаемость сеянцев орхидей: *Platanthera bifolia* на 44 %, *Dactilorhiza incarnata* – 35 % и *D. fuchsii* – 27 %. При повышении концентрации NO_3 до 50 мг/л отмечено клубнеобразование у всех видов орхидей, с одновременным снижением параметров роста и биомассы. На продольных срезах в аэренхиме тубероида выявлены многочисленные воздушные камеры при интенсивном накоплении крахмальных гранул в проводящих тканях. На основании особенностей развития сеянцев трех видов орхидных при повышенных уровнях нитрата в культуре *in vitr*о, можно предполагать, что при выявленном высоком уровне нитрат-иона 130–840 мг/кг в почвах природных популяций, может происходить снижение числа прорастающих сеянцев. Исследования, посвященные влиянию нитратов, могут помочь успешно адаптировать микроклонально полученные растения к условиям *ex situ,* имитируя естественную среду обитания редких видов орхидных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания (проекты № 126021617423-1 и *126032419121-2).*

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ *ANEMONE ALTAICA* (RANUNCULACEAE) В БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

П. Е. Нелюбина*, В. В. Павличенко, Н. А. Швецова, М. В. Протопопова

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**nelubina01@mail.ru*

Ключевые слова: ветреница алтайская, неморальные реликты, хребет Хамар-Дабан

SPATIAL GENETIC STRUCTURE FORMATION OF *ANEMONE ALTAICA* (RANUNCULACEAE) IN BAIKAL SIBERIA UNDER GLOBAL CLIMATE CHANGE

P. E. Nelyubina*, V. V. Pavlichenko, N. A. Shvetsova, M. V. Protopopova

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: *Anemone altaica*, nemoral relicts, the Khamar-Daban Ridge

Работа посвящена установлению пространственно-генетической структуры *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey. (Ranunculaceae) в Байкальской Сибири. Ареал вида дизъюнктивен и простирается от европейской России до центрального Китая. Будучи компонентом неморального комплекса, в Прибайкалье вид считается третичным реликтом. Исследование актуально для определения динамики реликтового комплекса байкальского региона в квартере. Сбор растений проводили из 23 популяций хребта Хамар-Дабан (южное Прибайкалье). Суммарную ДНК выделяли модифицированным ЦТАБ методом. Маркеры пластидной (*trnL*, *trnL–trnF, atpB-rbcL*) и ядерной (ITS) ДНК амплифицировали методом ПЦР. Полиморфизм региона ITS также оценивали с помощью молекулярного клонирования в *E. coli*. Матрицы ДНК секвенировали методом Сэнгера на генетическом анализаторе 3500. Филогенетический анализ проводили методом максимального правдоподобия и байесовским методом в программах MEGA и MrBayes, анализ молекулярной дисперсии (AMOVA) – в PopArt. Было выявлено пять пластотипов, которые распределялись между двумя генетическими линиями *A. altaica*. Линии не образовывали монофилетическую группу, что указывает на гибридизацию с родственными видами. Однако при анализе ITS не выявлено следов генетической интрогрессии, которые могли быть утеряны в ходе возвратных скрещиваний и согласованной эволюции. AMOVA на основе пластидной ДНК выявил дифференциацию популяций *A. altaica* на шесть групп, соответствующих положению плейстоценовых микрорефугиумов на хр. Хамар-Дабан. Вдоль побережья оз. Байкал выделенные группы объединяются в западную, центральную и восточную географические надгруппы.

Исследование выполнено при поддержке гранта Президентского фонда природы № ЭКО-26-2-000928. Отдельные результаты получены в рамках государственного задания (№ 125021902487-9) и на оборудовании ЦКП «Биоаналитика» СИФИБР СО РАН.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Protopopova M., Nelyubina P., Pavlichenko V. Current phylogeographic structure of Anemone altaica (Ranunculaceae) on the Khamar-Daban Ridge reflects quaternary climate change in Baikal Siberia // Quaternary. Vol. 8, Is. 2. Art. 20. P. 1–25. DOI: 10.3390/quat8020020

АГРИОФИТ *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDENOVA

Р. А. Нигматзянов*, А. А. Алексеева

ФГБУ «ВНИИ Экология», Москва, Россия

**r.nigmatzyanov@vniiecology.ru*

Ключевые слова: борщевик Сосновского, агриофит, инвазия, распространение, экосистема, охрана окружающей среды

AGRIOPHYTE *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDENOVA

R. A. Nigmatzyanov*, A. A. Alekseeva

VNII Ecology, Moscow, Russian Federation

Keywords: Sosnowsky's hogweed, agriophyte, invasion, distribution, ecosystem, environmental protection

Цель данного исследования заключается в анализе воздействия борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Mandenova) на экосистемы и агроценозы, связанные с его распространением. Актуальность исследования обусловлена ростом численности популяций *Heracleum sosnowskyi* и его способностью к быстрой адаптации в различных условиях, что ставит перед экологами и агрономами задачу эффективного контроля за его распространением. В связи с этим, исследование направлено на решение трех основных задач: во-первых, изучить биологические особенности вида и его жизненный цикл; во-вторых, проанализировать влияние борщевика на продуктивность агроценозов и пастбищ; в-третьих, оценить эффективность различных методов борьбы с инвазией, включая механическое удаление и использование биологических агентов. Методология работы включает в себя полевые исследования, анализ существующих данных о распространении вида, а также моделирование его динамики в различных социально-экономических сценариях. Объектом исследования выступает популяция *Heracleum sosnowskyi* в различных регионах Российской Федерации, что позволяет получить более полное представление о его воздействии на экосистемы. Важным аспектом работы станет взаимодействие борщевика с естественными антагонистами и конкурентами, что поможет выработать рекомендации для управления инвазией. Таким образом, необходимо выявить ключевые факторы, способствующие инвазии *Heracleum sosnowskyi*, и разработку научно обоснованных рекомендаций по его контролю. Результаты работы могут быть полезны для экологов, агрономов и специалистов в области охраны окружающей среды, стремящихся минимизировать негативные последствия инвазии данного вида. Учитывая важность проблемы, исследование будет способствовать более глубокому пониманию динамики распространения борщевика Сосновского и его влияния на экосистемы.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Озерова Н. А., Кривошеина М. Г. Особенности формирования вторичных ареалов борщевиков Сосновского и Мантегацци (Heracleum sosnowskyi, H. Mantegazzianum) на территории России // Российский журнал биологических инвазий. 2018. Т. 11, № 1. С. 78–87. EDN YSIMFP

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ *LYSOBACTER ANTIBIOTICUS* HZ25 В ПОДДЕРЖАНИИ ГОМЕОСТАЗА РИЗОСФЕРЫ РЕДКОГО ВИДА *HEDYSARUM ZUNDUKII* PESCHKOVA ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ

Ю. В. Нурминская*, Ю. А. Маркова

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**julosti@yandex.ru*

Ключевые слова: *Hedysarum zundukii* Peschkova, *Lysobacter antibioticus*, микрохищник, мыс Зундук, ризосфера

ECOLOGICAL ROLE OF *LYSOBACTER ANTIBIOTICUS* HZ25 IN MAINTAINING RHIZOSPHERE HOMEOSTASIS OF THE RARE SPECIES *HEDYSARUM ZUNDUKII* PESCHKOVA UNDER ADVERSE ENVIRONMENTAL FACTORS

Yu. V. Nurminskaya*, Yu. A. Markova

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: *Hedysarum zundukii* Peschkova; *Lysobacter antibioticus*; Cape Zunduk; micropredator; rhizosphere

Штамм *Lysobacter* sp. Hz25 был выделен из ризосферы эндемика *Hedysarum zundukii* Peschkova (копеечника зундукского). Почвы мыса Зундук характеризуются высоким содержанием кальция, щелочной реакцией (pH 8,7–9,8), низкой биодоступностью железа и фосфора, аридностью, маломощностью и низкими температурами значительную часть года.

Целью работы было изучить физиолого-биохимические и геномные особенности штамма *Lysobacter antibioticus* Hz25 и на их основе охарактеризовать его потенциальную роль в поддержании ризосферного гомеостаза *Hedysarum zundukii*.

Известно, что микрохищники регулируют численность микроорганизмов в экосистемах. Было показано, что Hz25 способен передвигаться по поверхности плотной среды, атакуя и лизируя колонии как патогенных, так и непатогенных бактерий.

Важно было изучить устойчивость штамма к неблагоприятным факторам. Анализ ЖК состава мембран показал, что штамм Hz25 конститутивно психротолерантен, при этом возможен рост при 4 ºС. Выявлено, что Hz25 устойчив к высоким pH (рост при pH = 10), способен высвобождать ионы Ca^{2+} из $CaCO_3$ и $Ca_3(PO_4)_2$, используя их для формирования карбонатных биопленок и высвобождения фосфатов, образует слизь, необходимую для построения биопленки, защищающей от УФ-излучения и высыхания, а также облегчающей движение посредством пилей IVтипа. Штамм Hz25 обладает полным путем биосинтеза пролина *de novo*. В геноме Hz25 выявлены гены, отвечающие за синтез и депонирование спермидина, метаболита, стимулирущего рост растения, а также его стресс-ответ и фитоиммунитет. Таким образом *Lysobacter antibioticus* Hz25, как устойчивый к неблагоприятным факторам микрохищник, играет, по-видимому, важную роль в поддержании стабильности ризосферной системы *Hedysarum zundukii*. Это дополняется его фитопротекторной ролью, которая сочетается с улучшением снабжения растения питательными веществами и помощью в адаптации к абиотическим стрессам.

ХРОМОСОМНЫЕ АБЕРРАЦИИ В ПРОРОСТКАХ САЛАТА *LACTUCA SATIVA* ПРИ ОБЛУЧЕНИИ СЕМЯН ИОНАМИ ГЕЛИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ И ВЛИЯНИЕ ГИПОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЙ

Н. Г. Платова [1]*, Р. В. Толочек [1], В. М. Лебедев [2], В. А. Шуршаков [1]

[1] ГНЦ РФ – ИМБП РАН, Москва, Россия
[2] НИИЯФ МГУ, Москва, Россия

**nataliaspl@inbox.ru*

Ключевые слова: ионы гелия, гипомагнитное поле, хромосомные аберрации

CHROMOSOMAL ABERRATIONS IN LETTUCE SEEDLINGS (*LACTUCA SATIVA*) AFTER SEED EXPOSURE TO HELIUM IONS IN LOW DOSES AND INFLUENCE OF HYPOMAGNETIC CONDITIONS

N. G. Platova [1]*, R. V. Tolochek [1], V. M. Lebedev [2], V. A. Shurshakov [1]

[1] Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
[2] Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Keywords: helium ions, hypomagnetic field, chromosomal aberration

При полетах за пределами магнитосферы Земли человек и биологические объекты будут находиться в условиях повышенного радиационного фона и сниженного на несколько порядков величины магнитного поля, то есть в гипомагнитных условиях. Ионы гелия входят в состав галактических космических лучей и солнечных космических лучей.

Семена салата *Lactuca sativa* L. сорта Московский парниковый облучали ионами гелия ^{4}He с энергией 230 МэВ/нуклон в дозе 1 Гр, и ионами гелия с энергией 180 МэВ/нуклон в дозах 50 мГр и 100 мГр на ускорителе HIMAC, г. Чиба. Семена проращивали в гипомагнитной камере при величинах магнитной индукции $1{\cdot}10^3$ нТл, $1{,}4{\cdot}10^2$ и около $2{\cdot}10^1$, что соответствует ослаблению геомагнитного поля в $5{\cdot}10^1$, $3{,}6{\cdot}10^2$ и до $2{,}5{\cdot}10^3$. Проростки фиксировали в ацеталкоголе, окрашивали ацеторцеином. Проводили ана-телофазный цитогенетический анализ первого митоза меристемы корня.

При облучении ионами гелия в дозах 50 мГр и 1 Гр при прорастании при ослаблении геомагнитного поля до $2{,}5{\cdot}10^3$ и в обычных условиях отмечено достоверное увеличение процента клеток с хромосомными аберрациями, процента хромосомных мостов и фрагментов. При других рассмотренных степенях ослабления при облучении в дозе 50 мГр, а также в дозе 100 мГр при ослаблении до $2{,}5{\cdot}10^3$ цитогенетические параметры не отличаются от контроля. Обсуждается влияние возможного эффекта гиперчувствительности и индуцированной радиорезистентности.

Работа выполнена в рамках Программ Фундаментальных научных исследований РАН (FMFR-2024-0036), (FMFR-2024-0042) и при использовании оборудования, приобретенного НИИЯФ МГУ за счет Программы развития Московского университета в рамках государственного задания МГУ имени М. В. Ломоносова.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Cytogenetic effects in the root meristem cells of lettuce seedlings after fast neutron irradiation (10 Gy) of seeds and their modification by hypomagnetic conditions during germination / N. G. Platova, V. M. Lebedev, A. V. Spassky, K. A. Trukhanov // Biophysics. 2021. Vol. 66, N 6. P. 998–1003. DOI: 10.1134/S0006350921060142

РАЗНООБРАЗИЕ ЭУКАРИОТИЧЕСКИХ ОРГАНИЗМОВ-ОБРАСТАТЕЛЕЙ ПЛАСТИКА В ОЗЕРЕ БАЙКАЛ

М. С. Полякова [1,2]*, Е. В. Минчева [1], А. Е. Тупикин [3], М. Р. Кабилов [3], А. Б. Купчинский [1]

[1] БМ СО РАН, р. п. Листвянка, Россия
[2] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[3] ИХБФМ СО РАН, Новосибирск, Россия

poljakova.m@gmail.com

Ключевые слова: обрастание пластика, Байкал, метабаркодинг, сезонная динамика

DIVERSITY OF EUKARYOTIC PLASTIC-FOULING ORGANISMS IN LAKE BAIKAL

M. S. Poliakova [1,2]*, E. V. Mincheva [1], A. E. Tupikin [3], M. R. Kabilov [3], A. B. Kupchinskii [1]

[1] BM SB RAS, Listvyanka, Russian Federation
[2] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[3] ICBFM SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: plastic fouling, Lake Baikal, metabarcoding, seasonal dynamics

Загрязнение водоемов пластиком – одна из наиболее значимых экологических проблем актуальная и для оз. Байкал, где уровень загрязнения пластиком сопоставим с таковым в других крупных пресноводных экосистемах мира. Попадая в воду, пластик становится новым антропогенным субстратом для обрастания, а формирующиеся на его поверхности сообщества гидробионтов существенно изменяют физико-химические свойства полимеров. Изучение процессов обрастания пластика – приоритетное направление современной гидроэкологии.

Цель исследования – анализ таксономического состава сообществ микроэукариот, формирующихся на пластике. В литоральной зоне оз. Байкал (район р. п. Листвянка) на глубинах 5 и 15 м в июне 2023 г. в течение года экспонировали конструкции с лентами полиэтилена (PE) и полиэтилентерефталата (PET). Отбор образцов для метабаркодинга по маркеру ITS2 проводили с интервалом 3 месяца. Секвенирование проводили на базе ЦКП «Геномика» (ИХБФМ СО РАН).

В ходе исследования идентифицировано 694 операционных таксономических единицы (ОТЕ). На поверхности PE выявлена 71 уникальная ОТЕ, на PET – 54. В сообществах доминируют Chlorophyta (зеленые водоросли), Fungi (грибы) и Ciliophora (инфузории). Грибы стабильно присутствуют весь год (25–32 %). Для диатомовых водорослей на PET на глубине 5 м характерен сезонный максимум в июне, тогда как на глубине 15 м и на другом типе пластика их доля остается стабильной в течение всего года.

В рамках исследования были выделены чистые культуры грибов на селективных средах с пластиком в качестве единственного источника углерода и на стандартных средах. Полученная коллекция включает более 80 штаммов. На данный момент до вида или рода идентифицировано 63 штамма. В состав сообществ входит большое количество не идентифицированных грибов и грибоподобных организмов.

Таким образом, на пластике в оз. Байкал формируются специфические и сезонно изменчивые эукариотические сообщества, значительную долю которых составляют еще не идентифицированные виды, представляющие интерес для дальнейших исследований.

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ВОЗРАСТНУЮ ДИНАМИКУ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) НА ПРИМЕРЕ КАРАГАЙ-ПОКРОВСКОГО БОРА

М. В. Рябухина [1]*, Ю. Г. Кулешова [2], З. Н. Рябинина [3], К. В. Крутовский [4,5]

[1] ЭКЦ МВД РФ, Москва, Россия
[2] РЮИ МВД РФ, Ростов-на-Дону, Россия
[3] ФНЦ БСТ РАН, Оренбург, Россия
[4] ИОГен РАН, Москва, Россия
[5] Гёттингенский университет им. Георга Августа, Гёттинген, Германия

**marija-rjabuhina@mail.ru*

Ключевые слова: микро, макроэлементы, хвоя, гумус, сосна обыкновенная

INFLUENCE OF SOIL FACTORS ON THE AGE DYNAMICS OF THE ELEMENTAL COMPOSITION OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) NEEDLES IN THE KARAGAY-POKROVSKY PINE FOREST

M. V. Ryabukhina [1]*, Y. G. Kuleshova [2], Z. N. Ryabinina [3], K. V. Krutovsky [4,5]

[1] Forensic Science Center, Ministry of Internal Affairs, Moscow, Russian Federation
[2] Rostov Law Institute of the Ministry of Internal Affairs, Rostov-on-Don, Russian Federation
[3] Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russian Federation
[4] N. I. Vavilov Institute of General Genetics, Russian Federationn Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
[5] Georg-August University of Göttingen, Göttingen 37077, Germany

Keywords: microelements, macronutrients, pine needles, humus, Scots pine

The macronutrient (P, S, K, Ca) and micronutrient (Fe, Zn, Mn, Cl) composition of needles of Scots pine (*Pinus sylvestris*) of different ages (1–4 years) was investigated in the Karagay-Pokrovsky relict pine forest (Southern Urals). Elemental composition was determined using a Renom SUR-02 FV spectrometer, while soil properties were analyzed using ion chromatography, photometry, fluorimetry, and pH measurements. In total, 100 needle samples and 60 soil samples were collected in spring and summer and processed statistically using Statistica 7.0.

A strong positive correlation was found between element concentrations in needles and soil humus content, and a strong negative correlation with soil pH. Higher humus levels increased nutrient availability and accumulation, whereas acidic conditions enhanced element mobility and uptake, consistent with the acidophilic nature of Scots pine. The highest accumulation rates and strongest sensitivity to soil conditions were observed in 2-year-old needles (maximum inverse correlation with pH: $r = -0{,}92$).

These results indicate that needle elemental composition is controlled by the combined influence of soil fertility and acidity. Increased humus and lower pH promote higher nutrient concentrations, while alkaline conditions may limit uptake. Variability in Ca, K, and Fe concentrations highlights the value of needle chemistry as a bioindicator. Overall, this approach is useful for monitoring forest health and understanding nutrient cycling in boreal ecosystems.

РУДЕРАЛЬНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛИГОНА ТКО «СЛИЗНЕВО» (МОСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

О. К. Савельева*, А. И. Агапов

ООО «УралСтройЛаб», Челябинск, Россия

**saveleva_olesia@mail.ru*

Ключевые слова: рудеральная растительность, полигон

RUDERAL VEGETATION OF THE SLIZNEVO TCO POLYGON (MOSCOW REGION)

O. K. Saveleva*, A. I. Agapov

LLC “UralStroyLab”, Chelyabinsk, Russian Federation

Keywords: ruderal vegetation, polygon

Полигон размещения твердых коммунальных отходов «Слизнево» расположен в Московской области. Обследованы 18 площадок, находящиеся от 100 м до 3 км от тела полигона, описаний на теле полигона не проводилось.

Рудеральная растительность полигона ТКО представлена группировками сорной растительности, находящимися на разных стадиях самозарастания тела полигона. В состав группировок рудеральной растительности входит 163 вида сосудистых растений, относящихся к 4 отделам, 5 классам, 49 семействам. Среди класса Однодольных преобладают представители семейства Злаковые (15 видов, или 9 %), среди Двудольных – семейства Сложноцветные (24 видов, или 14 %).

На основании проведенных геоботанических описаний выделены следующие типы местообитания: разнотравно-злаковая ассоциация (пижмово-вейниковая), вейниково-козлятниковая ассоциация, вейниково-полынная ассоциация. На всех площадках преобладает травянистая рудеральная растительность. Характеристики зарастания травянистой растительностью выросли в сравнении с 2023 г. Опираясь на имеющееся геоботанические описание (технический отчет по проведению работ по мониторингу состояния окружающей среды на полигоне ТКО «Слизнево») в 2023 г. в составе травянистых ассоциаций доминировали – *Centaurea jacea* L., *Erigeron strigosus* H. L. Muhl. ex Willd., *Achillea millefolium* L., *Leonurus quinquelobatus* Gilib., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia vulgaris* L., *Conyza canadensis* L., *Bromus inermis* Leyss., *Phleum pratense* L., *Dactylis glomerata* L.

Наиболее активно в 2025 г. преобразуют антропогенно нарушенную среду и доминируют следующие виды: *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth. – активно разрастаются на глинистых почвах на площадках вокруг границ полигона, *Galega orientalis* Lam. – формирует массивы на площади 100 м^2, а также *Tanacetum vulgare* L., *Urtica dioica* L., *Artemisia vulgaris* L. – обильные на всех точках описания. Таким образом, рудеральная растительность на рассматриваемых точках меняется. Доминирующими остаются представители семейства злаковые, сорные однолетние виды (*Conyza canadensis* L., *Erigeron strigosus* H. L. Muhl. ex Willd.) встречаются единично, следует отметить активное разрастание инвазионного вида *Galega orientalis* Lam.

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОМИЦЕТОВ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСНИЧЕСТВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

И. Е. Сафронова*, Е. А. Шилкина

Филиал ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Красноярского края», Красноярск, Россия

**saphronova_inna@mail.ru*

Ключевые слова: дехромация хвои, лиственница, патогенные грибы, рак

SPECIES DIVERSITY OF MICROMYCETES OF SIBERIAN LAR IN THE FORESTRY TERRITORIES OF KRASNOYARSK REGION

I. E. Safronova*, E. A. Shilkina

Branch of the Federal Budgetary Institution «Roslesozashchita» – Center for Forest Protection of the Krasnoyarsk Territory, Krasnoyarsk, Russian Federation

Keywords: cancer, dechromation of needles, larch, pathogenic fungi

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ldb.) – доминирующая лесообразующая порода Красноярского края: на ее долю приходится свыше 50 % лесного фонда региона. Произрастая в суровых климатических условиях Сибири, эта порода отличается высокой плотностью и твердостью древесины, что определяет ее значительную хозяйственную ценность. Вместе с тем устойчивость лиственницы к неблагоприятным факторам среды не исключает риска поражения патогенными микроорганизмами. Особую актуальность приобретает изучение фитопатогенных микромицетов на этой породе: они способны вызывать серьезные заболевания, ведущие к ослаблению деревьев и снижению продуктивности лесных экосистем.

Специалисты Красноярского центра защиты леса в 2025 г. проводили обследование лесопатологического состояния лиственницы сибирской, произрастающей на территории края. В результате рекогносцировочного обследования на стволах, реже на ветвях, лиственницы был обнаружен рак, возбудителем которого является аскомицет *Lachnellula willkommii* (Hartig.) Dennis (=*Dasyscypha willkommii* Hartig.). Диагностирование заболевания проводили по наличию на стволах (ветвях) засмоленных эллиптических вмятин, а также открытых язвенных ступенчатых ран. Следует отметить, что на ветвях раковые язвы были зафиксированы как на сухих, так и живых побегах.

Кроме рака на лиственнице отмечена ранняя дехромация хвои, причины которой позже были установлены в лаборатории лесной фитопатологии отдела государственного лесопатологического мониторинга и защиты леса. В результате применения классических методов исследования (использование влажной камеры, выделение на питательную среду, микроскопирование) удалось выделить и идентифицировать два патогенных гриба: *Hypodermella laricis* Tub. (возбудитель шютте лиственницы) и *Meria laricis* Vuil. (возбудитель мериоза).

Рак ствола и ветвей, а также преждевременное опадение хвои, вызванное микромицетами, со временем приводят к общему ослаблению лиственницы, что создает благоприятные условия для заселения деревьев стволовыми вредителями. Это не только снижает жизнеспособность отдельных экземпляров, но и угрожает устойчивости лесных экосистем в целом, что указывает на необходимость регулярного мониторинга состояния лиственничных насаждений и своевременной диагностики патогенов.

РИЗОСФЕРНАЯ МИКОБИОТА *VACCINIUM* В СОСНЯКАХ ПОСЛЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ

С. В. Сокорнова [1,2]*, Е. С. Окулова [1], Д. А. Емельянов [1]

[1] ФГБНУ ВИЗР, Санкт-Петербург– Пушкин, Россия
[2] ГАОУ ВО ЛО ЛГУ им. А. С. Пушкина, Санкт-Петербург – Пушкин, Россия

**mymryk@gmail.com*

Ключевые слова: эндофиты, микориза, бореальный лес, *Vaccinium*, пожары

RHIZOSPHERE MYCOBIOTA ASSOCIATED WITH *VACCINIUM* IN PINE FORESTS FOLLOWING GROUND FIRES

S. V. Sokornova [1,2]*, E. S. Okulova [1], D. A. Emelyanov [1]

[1] FSBSI VIZR, St. Petersburg – Pushkin, Russian Federation
[2] Pushkin LSU, St. Petersburg – Pushkin, Russian Federation

Keywords: endophytes, mycorrhiza, boreal forest, *Vaccinium,* fires

В бореальной тайге низовые пожары – один из природных экологических процессов, являющийся фактором поддержания биоразнообразия леса. В связи с усилением антропогенного влияния прогнозируется увеличение количества и интенсивности пожаров, что может сказаться на сложившемся экологическом равновесии, в том числе сосняков бореального леса. Природа лесной подстилки является одним из факторов, оказывающих влияние на эффективность восстановления лесных экосистем. В сосняках Нижне-Свирского природного заповедника на фоне мхов и лишайников лесная подстилка представлена вересковыми кустарничками, способными образовывать различные виды микориз, а также колонизироваться эндофитами. Выявление того, какие именно грибы участвуют в восстановлении кустарничков рода *Vaccinium* после низовых пожаров в сосновом лесу стало целью нашей работы.

Сбор корней *Vaccinium* происходил в местах низовых пожаров, произошедших за последние 3 года и вне их. Пробы представляли собой фрагменты корней 3–4 порядка не менее 9 растений, произрастающих на расстоянии менее полуметра друг от друга. Микроскопический и классический микологический анализ проводили общепринятыми методами. ДНК из корней и изолятов грибов выделяли на магнитных частицах (Синтол), ампликоны получали по локусам LSU/ITS/SSU и секвенировали.

Первые полгода после пожаров в корнях *Vaccinium* доминировали эндофиты: различные виды *Penicillium*, реже *Fusarium, Phomopsis.* К концу первого года возрастала доля *Umbelopsis*. Эрикоидные микоризообразующие виды выявлялись позже. Таким образом, на ранних этапах постпирогенного восстановления лесной подстилки соснового леса с кустарничками рода *Vaccinium* эндофитные грибы оказывают наиболее существенное влияние. При этом состав эндофитного сообщества также изменяется со временем, прошедшем после пожара.

Исследование выполнено при поддержке Президентского фонда природы в рамках проекта ЭКО-26-1-001882 «Микоризообразующие грибы как ключевой фактор восстановления сосновых лесов после низовых пожаров».

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ В ФИТОМАССЕ *TRIFOLIUM PRATENSE* L. В РАЗЛИЧНЫХ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Н. С. Степанов*, В. А. Кожевникова, Е. А. Купчинская, О. А. Тимофеева

КФУ, Казань, Россия

**nik.step97@mail.ru*

Ключевые слова: антиоксидантная активность, аскорбиновая кислота, фенольные соединения, флавоноиды, *Trifolium pretense*

COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOCHEMICAL COMPONENTS CONTENT IN *TRIFOLIUM PRATENSE* L. PHYTOMASS UNDER DIFFERENT SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS

N. S. Stepanov*, V. A. Kozhevnikova, E. A. Kupchinskaya, O. A. Timofeeva

KFU, Kazan, Russian Federation

Keywords: antioxidant activity, ascorbic acid, flavonoids, phenolic compounds, *Trifolium pretense*

Высокая экологическая пластичность *Trifolium pratense* L. обусловливает его произрастание в различных фитоценозах умеренного климата и делает его удобной моделью для изучения взаимосвязи условий среды с направленностью синтеза низкомолекулярных компонентов, обладающих выраженной биологической активностью.

В настоящей работе изучено влияние комплекса почвенно-климатических факторов на накопление биологически активных соединений в шести природных ценопопуляциях Республики Татарстан, различающихся по условиям произрастания. Образцы отбирали в 2025 г. в фазу массового цветения. В надземной фитомассе клевера определяли содержание аскорбиновой кислоты (АК), каротиноидов, водорастворимых фенольных соединений (ВФР), флавоноидов и антиоксидантную активность (АОА). Полифенольный состав изучали методом ОФ ВЭЖХ-УФ.

Установлено, что в популяциях на черноземных почвах лесостепной зоны с высокой инсоляцией, нейтральной или слабокислой pH, высоким содержанием Ca^{2+}, P, K и физической глины наблюдалось наибольшее накопление фенольных соединений: ВРФ – до 14,2 мг/г, флавоноиды – до 4,3 %, суммарное содержание полифенолов – до 42,8 мг/г, с доминированием изофлавонолов и флавонолов. В затененном опушечном сообществе на кислых почвах с низкими значениями ФАР, дефицитом гумуса, P, K и Ca^{2+} содержание всех полифенолов снижалось, тогда как концентрация АК возрастала примерно в 2,5 раза. Наибольшее содержание каротиноидов отмечено в растениях опушечного фитоценоза и на открытом лугу с бедным минеральным составом.

Таким образом, *T. pratense* демонстрирует экотип обусловленную метаболическую пластичность, в частности, на богатых черноземах с высокой инсоляцией доминирует энергоемкий синтез полифенольных соединений. С другой стороны, при комплексном стрессе (кислые песчаные почвы, дефицит минеральных элементов, низкая ФАР) происходит переключение на накопление малозатратных гидрофильных антиоксидантов.

Полученные данные позволяют проводить районирование природных популяций и рациональному выделению сырьевых зон на основе прогнозируемого состава биологически активных соединений.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПОКРОВНЫХ ТКАНЕЙ И ОВОДНЕННОСТИ КЛЕТОК ХВОИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ПРИ ТЕХНОГЕННОМ СТРЕССЕ

А. А. Строкина [1], О. В. Калугина [1]*, Л. В. Афанасьева [2]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ИОЭБ СО РАН, Улан-Удэ, Россия

**strokina2004@list.ru*

Ключевые слова: *Larix sibirica*, *Pinus sylvestris*, покровные ткани, техногенные эмиссии, фракции воды

CHANGES IN THE STRUCTURE OF COVER TISSUES AND CELL HYDRATION OF NEEDLE CELLS OF SCOTS PINE AND SIBERIAN LARCH UNDER TECHNOGENIC STRESS

A. A. Strokina [1], O. V. Kalugina [1]*, L. V. Afanasyeva [2]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] IGEB SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation

Keywords: *Larix sibirica*, *Pinus sylvestris*, cover tissues, technogenic stress, water fractions

Физиологические процессы в растительном организме протекают при достаточном водообеспечении, поэтому степень оводненности их тканей является одним из ключевых показателей, определяющих устойчивость древесных растений к воздействию стрессовых факторов, в том числе техногенного загрязнения. Ключевую роль в регуляции водного баланса хвои играют покровные ткани. Цель работы –изучить влияние эмиссий алюминиевого производства на структурные параметры покровных тканей и фракционный состав воды в хвое *Pinus sylvestris* и *Larix sibirica*.

Установлено, что хвоя *L. sibirica* накапливает элементы-поллютанты в большей степени, чем хвоя *P. sylvestris*. При этом у лиственницы не выявлено существенных изменений в структуре покровных тканей, тогда как у сосны зафиксированы статистически значимые изменения толщины эпидермы (включая кутикулу), гиподермы, а также числа и диаметра смоляных каналов. Эти трансформации носят нелинейный характер, отражая двойственную природу защитных реакций. При слабом и среднем уровнях загрязнения анатомические перестройки, по-видимому, имеют адаптивный характер и направлены преимущественно на усиление ксерофитизации хвои. При сильном и критическом загрязнении они уже свидетельствуют о патологическом воздействии поллютантов. Фракционный состав воды в хвое сосны претерпевает значительные изменения: по мере увеличения уровня загрязнения возрастает доля связанной воды и снижается количество свободной фракции. Менее выраженные сдвиги показателей водного обмена у лиственницы указывают на иную адаптивную стратегию этого вида. В отличие от вечнозеленой сосны, вынужденной сохранять жизнеспособность поврежденной хвои в течение нескольких лет и задействовать активную, но энергозатратную защитную реакцию, лиственница эффективно удаляет накопленные поллютанты вместе с ежегодно опадающей хвоей, что снижает нагрузку, в том числе и на систему водного обмена.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00475, https://rscf.ru/project/25-26-00475/.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА РАСТЕНИЙ СЕВЕРОТАЕЖНЫХ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Т. А. Сухарева*, Д. А. Живов, В. В. Ершов

ИППЭС КНЦ РАН, Апатиты, Россия

t.sukhareva@ksc.ru

Ключевые слова: биота, листья (хвоя), химические элементы, Арктика

TRANSFORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF PLANTS IN NORTH TAIGA FORESTS UNDER CONDITIONS OF AEROTECHNOLOGICAL POLLUTION

T. A. Sukhareva*, D. A. Zhivov, V. V. Ershov

INEP KSC RAS, Apatity, Russian Federation

Keywords: biota, leaves (needles), chemical elements, Arctic

В связи с усилением промышленного освоения Арктики особое значение приобретает оценка экологического состояния наземных экосистем. Химический состав растений является информативным показателем степени трансформации фитоценозов под влиянием природных и антропогенных факторов.

Проанализирована пространственно-временная динамика элементного состава доминирующих растений северотаежных лесов Мурманской области в зоне воздействия медно-никелевых комбинатов (г. Мончегорск, пгт. Никель). Объекты исследований представляют собой наиболее распространенные в бореальной зоне ельники кустарничково-зеленомошные и сосняки кустарничково-лишайниковые. Изучено содержания макро- и микроэлементов, в том числе поллютантов (тяжелых металлов и серы) в листьях (хвое) деревьев, дикорастущих кустарничков, в побегах зеленых мхов на разных стадиях техногенной дигрессии (фоновые и дефолиирущие леса, техногенные редколесья). Установлено, что химический состав биоты во многом определяется видовыми особенностями, возрастом растений и их ассимилирующих органов, условиями произрастания. Под воздействием атмосферного загрязнения фотосинтезирующие органы обедняются необходимыми для нормального функционирования растений элементами минерального питания (Ca, K, P, Mg, Mn) и обогащаются элементами-загрязнителями. В дефолиирующих лесах и техногенных редколесьях концентрации приоритетных поллютантов Ni, Cu, S в листьях (хвое) многократно выше фоновых значений. Сокращение эмиссионной нагрузки в период исследования (1991–2025 гг.) привело к снижению содержания тяжелых металлов в растениях в техногенно-нарушенных экосистемах, однако значительное превышение фоновых значений сохраняется. Оценки пространственного варьирования элементного состава в растительном компоненте лесных экосистем с учетом многолетних изменений является важным этапом для разработки мероприятий, направленных на повышение их устойчивости, сохранения и восстановления лесов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИППЭС КНЦ РАН № 125021402277-1.

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *FRITILLARIA RUTHENICA* WIKSTR. В ПРИРОДНОЙ И АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Л. Д. Терёхина

ФГБУ «Жигулевский государственный заповедник», Ульяновск, Россия

terehina_ld@mail.ru

Ключевые слова: *Fritillaria ruthenica*, Жигулевский заповедник

MORPHOMETRIC INDICATORS OF *FRITILLARIA RUTHENICA* WIKSTR. IN NATURAL AND ANTHROPOGENICALLY DISTURBED TERRITORIES

L. D. Teryokhina

Zhigulevsky State Nature Reserve, Ulyanovsk, Russian Federation

Keywords: *Fritillaria ruthenica*, Zhigulevsky Nature Reserve

Fritillaria ruthenica Wikstr. – степное растение из семейства Лилейных, занесенное в Красную книгу России как редкий вид. В Жигулевском заповеднике встречается небольшими группами, а местами обилен и доминирует. Лимитирующим фактором распространения является требовательность к эдафическим и ценотическим условиям, а также весенний сбор на букеты.

Учет трех ценопопуляций (ЦП) рябчика русского был проведен в 26 квартале Зольненского участкового лесничества в 2025 г. ЦП 1 приурочена к контактной полосе каменистой степи с кустарником, расположенной в верхней трети склона юго-западной экспозиции горы Стрельная. Туристский поток экологической тропы «Стрельная гора» строго зарегулирован, что практически исключает сход с настила на каменистые степи. ЦП 2 находится в широколиственном лесу в границах туристической автобусной стоянки. Здесь отмечается регулярное вытаптывание прилежащей территории посетителями. ЦП 3 произрастает в смешанном лесу с преобладанием клена платановидного и липы сердцевидной северо-восточнее экологического маршрута в 600 м от автобусной стоянки.

Нами было заложено 15 пробных площадок размером 1х1 м^2 (по 5 на каждую ЦП), где учитывались следующие морфометрические показатели, плотность произрастания растений, количество генеративных и вегетативных особей (всех возрастных групп).

По результатам визуальных наблюдений за рябчиком русским следует отметить, что все три исследуемые ЦП относятся к нормальному типу. ЦП 1 и ЦП 3 имеют левосторонний спектр с преобладанием доли прегенеративных растений. ЦП 2 же напротив состоит из большего количества генеративных и постгенеративных экземпляров, что характеризует спектр как правосторонний. ЦП 1 является неполночленной, так как не были обнаружены сенильные растения.

Несмотря на различия в условиях произрастания, все три ЦП рябчика русского сохраняют потенциал к самоподдержанию. Однако значительное антропогенное воздействие на ЦП 2 негативно отражается на морфометрических параметрах и онтогенетическом спектре.

Для сохранения рябчика русского необходимо снизить антропогенное давление и обеспечить регулярный мониторинг популяций для оценки их состояния и принятия своевременных мер охраны.

ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ В ЗАМКНУТЫХ ЭКОСИСТЕМАХ К ФАКТОРАМ СРЕДЫ

А. А. Тихомиров, С. А. Ушакова, Н. А. Тихомирова

ИБФ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

**alex-tikhomirov@yandex.ru*

Ключевые слова: искусственные экосистемы, фитоценозы, фотосинтетический аппарат, минерализация органических отходов, продукционный процесс

PROBLEMS OF RESISTANCE OF PLANTS OF CLOSED ECOSYSTEMS TO ENVIRONMENTAL FACTORS

A. A. Tikhomirov, S. A. Ushakova, N. A. Tikhomirova

IBP SB RAS, FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russian Federation

Keywords: artificial ecosystems, phytocenoses, photosynthetic apparatus, mineralization of organic waste, production process

Рассматриваются проблемы совершенствования фототрофного звена высших растений замкнутых экосистем, культивируемых на растворах, приготовленных на основе минерализации органических отходов растительного и животного происхождения. Обсуждаются особенности световых технологий культивирования растений, проблемы сбалансированности минерального состава питательных растворов, приготовленных из продуктов минерализации органических отходов за счет их физико-химического и биологического окисления, возможности включения во внутрисистемный круговорот NaCl, содержащегося в жидких выделениях человека при использовании соленакапливающих салатных растений. Анализируются возможности оптимизации соотношения нейтрального и биологического субстратов в целях повышения эффективности протекания биосинтетических и деструкционных процессов в искусственной экосистеме. В заключение показаны результаты тестирования согласованности работы фототрофного и гетеротрофного звеньев по твердому веществу, жидкостям, CO_2 и O_2 применительно к новому поколению замкнутой экосистемы и выполнены необходимые коррекции в их взаимодействии с точки зрения биосинтетических и деструкционных процессов.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки в рамках Госзаданий FWES-2024-0039 и FWES -2024-0032.

УСЛОВИЯ И МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ СПОРООБРАЗОВАНИЯ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ПОЧВЕННЫХ ГРИБОВ

Е. В. Федосеева [1,2]*, Ю. Д. Сергеева [1,2], В. Д. Волкова [1,2], В. А. Терехова [1,2]

[1] ИПЭЭ РАН, Москва, Россия
[2] ФГБОУ ВО МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

**elenfedoseeva@gmail.com*

Ключевые слова: конидии, гормезис, тяжелые металлы, соноплазма, полиолы

CONDITIONS AND MECHANISMS FOR STIMULATION OF CONIDIA PRODUCTION OF FILAMENTOUS SOIL FUNGI

E. V. Fedoseeva [1,2], Yu. D. Sergeeva [1,2], V. D. Volkova [1,2], V. A. Terekhova [1,2]

[1] IEE RAS, Moscow, Russian Federation
[2] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Keywords: conidia, hormesis, heavy metal, sonoplasma, polyols

Бесполое размножение посредством конидий позволяет аскомицетам колонизировать доступные субстраты. Спорообразование откликается на изменение различных факторов среды. Актуальность изучения спорообразования обусловлено несколькими обстоятельствами: 1) конидии (особенно патогенных форм) представляют собой форму биологического загрязнения; 2) для биотехнологически значимых грибов необходимы условия для активного спорообразования; 3) этот ростовой показатель обладает потенциалом для биодиагностики загрязнения сред. Изучали активность спорообразования у разных видов конидиальных грибов при воздействии тяжелых металлов (меди, цинка и свинца) и различных методов элиминации биологического загрязнения (соноплазменной обработки и H_2O_2). Внесение металлов в концентрациях, не подавляющих рост колоний, избирательно стимулировало спорообразование. Темнопигментированные меланизированные грибы активизировали продукцию конидий под действием меди. Соноплазменная обработка, объединяющая гидродинамическую кавитацию с низкотемпературным плазменным разрядом, при определенных условиях стимулировала спорообразование меланизированных грибов. Обработка H_2O_2 увеличивала продукцию конидий у гриба с гиалиновым мицелием рода *Fusarium*. Обсуждается роль клеточной стенки, пигментации и наличия в цитоплазме сахаров и полиолов в устойчивости грибов и спорообразовании.

Работа проведена в рамках проекта «Проект «Чистая вода» как важнейшая составляющая сотрудничества РФ со странами Глобального Юга: социально-экономическое и технологическое измерения» по гранту Министерства науки и высшего образования РФ на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития (Соглашение № 075-15-2024-546).

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Zinc-mediated changes to cytosol osmolyte and lipid profiles in soil fungi under growth-stimulating conditions // E. V. Fedoseeva, V. M. Tereshina, O. A. Danilova, E. A. Ianutsevich, A. E. Ivanova, V. A. Terekhova // International Microbiology. 2025. Vol. 28, N 8. C. 3039–3051. DOI: 10.1007/s10123-025-00735-7

ПРИОРИТЕТЫ В СЕЛЕКЦИОННЫХ ОЦЕНКАХ ВИГНЫ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Ю. В. Фотев [1,2]*, И. С. Ломако [2], Ц. Сунь [3], О. А. Казакова [2]

[1] ЦСБС СО РАН, Новосибирск, Россия
[2] ФГБОУ ВО Университет биотехнологий, Новосибирск, Россия
[3] НГУ, Новосибирск, Россия

**fotev_2009@mail.ru*

Ключевые слова: адаптивность, вигна, низкая температура, селекционные оценки, устойчивость

PRIORITIES IN BREEDING EVALUATIONS OF COWPEA DURING INTRODUCTION IN THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

Y. V. Fotev [1,2]*, I. S. Lomako [2], J. Sun [3], O. A. Kazakova [2]

[1] CSBG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[2] FSBEI HE University of Biotechnology, Novosibirsk, Russian Federation
[3] NSU, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: adaptability, breeding evaluations, cowpea, low temperature, resistance

Резкие флуктуации температуры и других факторов ставят задачу выбора приоритетов при интродукции и селекции вигны на юге Западной Сибири. В связи с высокой чувствительностью вигны (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) к холоду проведена оценка образцов этой культуры на холодостойкость в фазе зрелого мужского гаметофита и в спорофитном поколении, а также на устойчивость к патогенным микромицетам.

В работе использовали образцы вигны из коллекции генресурсов ВИРа и «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» УНУ № USU 440534 ЦСБС СО РАН. Растения выращивали в необогреваемой пленочной теплице и открытом грунте в 2023–2025 гг. Холодостойкость оценивали по прорастанию семян при температуре 10, 12, 14 ºС, в процессе холодового теста (10 ºС – 10 дней + 25 ºС), а также по прорастанию пыльцы *in vitro* на 20%-ном растворе ПЭГ6000.

В результате отмечена высокая зависимость продуктивности образцов от условий года выращивания. Доля влияния года испытания составила 68 %, доля влияния сорта – 19 %. Предлагается последовательность оценки образцов вигны по комплексу признаков устойчивости к стрессовым факторам среды, включающих холодостойкость по прорастанию семян и пыльцы *in vitro*, пораженность растений патогенными микромицетами, а также оценку параметров адаптивности и стабильности.

Исследование выполнено при поддержке бюджетного проекта 126021217214-9 «Теоретические аспекты оценки и сохранения биоразнообразия с целью рационального использования природного и культурного генофонда растений».

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Фотев Ю. В., Казакова О. А., Сунь Ц. Устойчивость вигны (Vigna unguiculata) к низкой температуре и патогенам в Сибири // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (105). С. 251–255. DOI: 10.21515/1999-1703-105-251-255

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕРЕЗОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ БИОИНДИКАТОРА

А. В. Шергина [1,2]

[1] ИРНИТУ, Иркутск, Россия
[2] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

shergina_arina_07@mail.ru

Ключевые слова: биоиндикация, городская среда, цифровая база данных, экологическое картографирование, Surfer

SPATIAL ANALYSIS OF THE URBAN ENVIRONMENT ECOLOGICAL STATE USING BIRCH TREES AS BIOINDICATORS

A. V. Shergina [1,2]

[1] INRTU, Irkutsk, Russian Federation
[2] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: bioindication, urban environment, digital database, environmental mapping, Surfer

Город Усолье-Сибирское (Иркутская область) относится к «горячим точкам» России вследствие длительного функционирования химического предприятия ООО «Усольехимпром». Цель работы – оценка экологического состояния городской среды по комплексу морфометрических и аналитических показателей березовых насаждений (*Betula pendula* Roth) с применением цифровых технологий (Microsoft Access, CorelDraw, QGIS, Surfer). Полевые исследования проведены в 2018–2024 гг. на 12 ключевых участках города (парки и лесопарки). На каждом участке для 10–12 деревьев измеряли параметры кроны и морфометрию листьев. В смывах со свежих листьев определяли сульфаты, хлориды, нитраты, нитриты; в гомогенатах из сухих листьев (1:10) – кислотность среды, содержание водорастворимых форм N, P, K.

Разработана цифровая база данных в Microsoft Access, включающая 23 отчета по ключевым участкам (морфология насаждений, аналитические показатели, состояние атмосферного воздуха – 11 таблиц). В программе Surfer построены карты-схемы повреждения листьев березы, кислотности гомогенатов, накопления водорастворимых форм серы и хлора. Максимальное нарушение березовых насаждений выявлено вблизи крупных транспортных развязок и промышленных зон (повреждение листьев >45 %, кислотность гомогенатов – до 5,2 ед.). В центральной части города отмечено среднее нарушение, в «зеленом поясе» на окраинах (северо-запад, северо-восток) – низкое или близкое к фоновому. Конфигурации ореолов повреждения («acid-эффекта») на картах-схемах, отображающие накопление серы и хлора, имеют высокое сходство, что подтверждает локализацию промышленно-транспортного загрязнения. Заключается, что морфометрические и аналитические данные по *B. pendula*, визуализированные в виде карт-схем Surfer на базе отчетов Access, позволяют объективно выделять зоны с различной экологической обстановкой на городских территориях Прибайкалья.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России (Рег. № НИОКТР – 125021702332-4).

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПРИБАЙКАЛЬЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ

О. В. Шергина*, О. В. Калугина

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**sherolga80@mail.ru*

Ключевые слова: биоиндикация почв и растений, полициклические ароматические углеводороды, Прибайкалье, техногенная трансформация

ASSESSMENT OF BAIKAL REGION POLLUTION BY POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS

O. V. Shergina*, O. V. Kalugina

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: bioindication of soils and plants, polycyclic aromatic hydrocarbons, Prebaikalia, technogenic transformation

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – стойкие органические загрязнители с мутагенными и канцерогенными свойствами. Цель работы – оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха вдоль трансекты Саянск – Иркутск – Листвянка (протяженность > 320 км, 14 пробных площадей, заложенных в лесных зонах) по содержанию ПАУ в хвое *Pinus sylvestris* L. и верхних горизонтах почв.

Суммарное содержание 14 приоритетных ПАУ в хвое варьирует от 53,5 нг/г на фоновых территориях до 695 нг/г на пробных площадях, расположенных вблизи Усольского, Ангарского, Иркутского промцентров. Наибольшее содержание ΣПАУ (1055 нг/г) обнаруживается на территории Шелеховского промцентра, где располагается алюминиевый завод. В фоновых почвах ΣПАУ составляет в среднем 120 нг/г, на загрязненных – 1250 нг/г (превышение в 10 раз). Содержание бенз(а)пирена в почвах г. Иркутска достигает 195 нг/г (глубина 0–5 см) и 395 нг/г (5–15 см), что превышает ПДК (20 нг/г) в 10–20 раз, соответственно. Выявлена высокая корреляция между накоплением ПАУ в хвое сосны и гумусово-аккумулятивных горизонтах ($r > 0{,}90$), что свидетельствует об их сопряженности как индикаторов загрязнения.

Качественный анализ ПАУ показал, что преобладают соединения с 3–4 ароматическими кольцами в структуре, их доля в общем содержании полициклических аренов может превышать 90 %. Доля высокотоксичных ПАУ с 5–6 кольцами возрастает вблизи промцентров до 32 % (в хвое) против 4–8 % на фоне. На территории Шелеховского промцентра в хвое и почве значительно возросла концентрация бенз[b]флуорантена и появился перилен – вещество-маркер загрязнения окружающей среды эмиссиями алюминиевых заводов. Его содержание достигает 1,5 % от суммы всех идентифицированных ПАУ. Наличие высокомолекулярных ПАУ также связано с рассеиванием выбросов от локальных источников, таких как ТЭЦ и автомагистрали. Расчет диагностических соотношений (Flt/(Flt+Pyr) > 0,5; BeP/(BeP+BaP) = 0,51–0,58) подтвердил наличие ПАУ пирогенного происхождения. В целом полученные данные свидетельствуют о высоком уровне техногенного загрязнения экосистем Прибайкалья.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России (Рег. № НИОКТР – 125021702332-4).

СЕКЦИЯ 3

АГРОБИОФАРМТЕХНОЛОГИИ



КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ ШЕСТИ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА LAMIACEAE, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

А. Алшиха, А. В. Немтарев, А. Р. Каюмов, Н. Б. Прохоренко, О. А. Тимофеева *

ФГАОУ ВО КФУ, Казань, Россия

**olga.timofeeva@kpfu.ru*

Ключевые слова: антибактериальная активность, газовая хроматография-масс-спектрометрия (ГХ-МС), минимальная подавляющая концентрация (МПК), эфирные масла, Lamiaceae

CEMICAL COMPOSITION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS FROM SIX LAMIACEAE SPECIES NATIVE TO THE REPUBLIC OF TATARSTAN

A. Alshikha, A. V. Nemtarev, A. R. Kayumov, N. B. Prokhorenko[a], O. A. Timofeeva

FSAEI HE KFY, Kazan, Russian Federation

Keywords: antibacterial activity, essential oils, gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS), minimum inhibitory concentration (MIC), Lamiaceae

Распространение антибиотикорезистентности стимулирует поиск новых антимикробных агентов природного происхождения. Эфирные масла растений семейства Lamiaceae представляют значительный интерес благодаря доказанной биологической активности и потенциалу для разработки природных антисептиков.

Цель исследования – провести комплексный анализ компонентного состава и антибактериальной активности эфирных масел шести видов Lamiaceae (*Betonica officinalis, Clinopodium vulgare, Lamium maculatum, Salvia tesquicola, Salvia verticillata* и *Stachys sylvatica*), произрастающих в Республике Татарстан.

Эфирные масла получали методом гидродистилляции с последующей экстракцией дистиллята смесью пентан-диэтиловый эфир. Компонентный состав анализировали методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС). Антибактериальную активность оценивали методом серийных разведений в отношении *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 и *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 с определением минимальной подавляющей концентрации (МПК).

Согласно нашим исследованиям, выход эфирных масел варьирует от 0,13 % (*S. tesquicola*) до 0,38 % (*S. verticillata*). ГХ-МС анализ выявил значительное межвидовое химическое разнообразие. Установлено доминирование свободных жирных кислот (38,57 %) и оксида кариофиллена (18,27 %) в масле *S. tesquicola*; гексадекановой кислоты (27,90 %) и 9,12,15-октадекатриен-1-ола (13,41 %) – в масле *C. vulgare*; метилсалицилата (22,22 %) и 4-винилгваякола (15,03 %) – в масле *L. maculatum*; 4-метил-6-гептен-3-ола (35,81 %) – в масле *Stachys sylvatica*. Все масла проявили активность против *S. aureus* (МПК 1,25–2,50 мг/мл). Наибольшую активность против грамположительного *S. aureus* продемонстрировало масло *L. maculatum* (МПК 1,25 мг/мл), против грамотрицательного *P. aeruginosa* – масло *C. vulgare* (МПК 1,25 мг/мл), что коррелирует с синергетическим действием мажорных компонентов, нарушающих целостность бактериальных мембран.

ПОВЫШЕНИЕ АДАПТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ МИКРОРАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В УСЛОВИЯХ *EX VITRO* ПРИ ЭНДОФИТНОЙ КОЛОНИЗАЦИИ *BEAUVERIA BASSIANA*

Е. В. Амброс [1]*, М. В. Тюрин [2], Е. С. Крупович [3], Б. Г. Гольденберг [3]

[1] ЦСБС СО РАН, Новосибирск, Россия
[2] ИСЭЖ СО РАН, Новосибирск, Россия
[3] ЦКП «СКИФ», ИК СО РАН, Кольцово, Россия

**ambros_ev@mail.ru*

Ключевые слова: акклиматизация, земляника садовая, клональное микроразмножение, *Beauveria bassiana*, *ex vitro*

ENHANCEMENT OF *EX VITRO* ACCLIMATIZATION OF STRAWBERRY MICROPLANTS UNDER ENDOPHYTIC COLONIZATION BY *BEAUVERIA BASSIANA*

E. V. Ambros [1]*, M. V. Tyurin [2], E. S. Krupovich [3], B. G. Goldenberg [3]

[1] CSBG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[2] ISEA SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[3] SRF “SKIF”, BIC SB RAS, Koltsovo, Russian Federation

Keywords: acclimatization, garden strawberry, clonal micropropagation, *Beauveria bassiana*, *ex vitro*

В качестве эффективных биостимуляторов, альтернативных химическим удобрениям, могут рассматриваться препараты на основе *Beauveria bassiana*. Изучение взаимодействия эндофитных микроорганизмов с растениями земляники садовой представляет интерес из-за высокой чувствительности культуры к абиотическим и биотическим стрессам. Цель работы – изучение влияния эндофитной колонизации *B. bassiana* на рост, развитие и акклиматизацию микрорастений земляники садовой в контролируемых условиях *ex vitro*. Инокуляцию проводили методом предварительного замачивания корней и однократного полива конидиальной суспензией *B. bassiana* (титр $1 \cdot 10^8$ конидий/мл). Степень колонизации *B. bassiana* регенерантов в зависимости от способа обработки конидиальной суспензией составила от 11,3 до 77,5 %. Под действием *B. bassiana* морфометрические показатели увеличивались на 7–51 %, при этом наиболее эффективным способом колонизации являлся однократный полив. Выявлены адаптационные изменения, включающие увеличение числа трихом, параметров устьичного аппарата (на 10–24 %), повышение содержания фотосинтетических пигментов (на 4–24 %) и активности антиоксидантных ферментов (до 62 %) при снижении уровня пероксида водорода (до 7 %). Отмечено увеличение концентрации K, Ca и Mn. Повышенное содержание K, вероятно, связано с влиянием эндофита и может косвенно влиять на формирование устьичного аппарата через изменения водного и гормонального статуса растений, тогда как Ca и Mn участвуют в регуляции метаболических и антиоксидантных процессов. Обработка растений *B. bassiana* повышает адаптационный потенциал регенерантов в условиях *ex vitro* и может рассматриваться как перспективный биотехнологический приём при получении посадочного материала земляники садовой.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ *RHODODENDRON ADAMSII* В ВЫСОКОГОРЬЯХ ВОСТОЧНОГО САЯНА

Л. В. Афанасьева*, Ю. А. Рупышев [1], А. К. Серебрюхова [2], И. В. Дылгырова [2]

[1] ИОЭБ СО РАН, Улан-Удэ, Россия
[2] ИЕН БГУ, Улан-Удэ, Россия

**afanl@mail.ru*

Ключевые слова: *Rhododendron adamsii*, ценопопуляции, онтогенез, виталитет

ASSESSMENT OF THE STATE OF RHODODENDRON ADAMSII COENOPOPULATIONS IN THE EASTERN SAYAN

L. V. Afanaseva*, Yu. A. Rupyshev [1], A. K. Serebryukhova [2], I. V. Dylgyrova [2]

[1] IGEB SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation
[2] INS BSU, Ulan-Ude, Russian Federation

Keywords: *Rhododendron adamsii*, coenopopulations, ontogenesis, vitality

Rhododendron adamsii Rehder – редкий вечнозеленый кустарник семейства *Ericaceae*, который, несмотря на охранный статус на большей части своего ареала, активно заготавливается населением. Данные о структурно-функциональной организации его ценопопуляций (ЦП) отсутствуют, что затрудняет оценку их состояния и разработку мер охраны. Цель настоящей работы – анализ онтогенетической и виталитетной структуры ЦП *Rh. adamsii* в высокогорьях Восточного Саяна.

Натурные исследования выполнены в период массового цветения *Rh. adamsii* на восьми ЦП. Обнаружено, что все ЦП характеризуются неполночленным центрированным правосторонним онтогенетическим спектром с преобладанием генеративных особей (61–71 %) при низкой доле виргинильной фракции (8,7–20,6 %). Наибольшая вариабельность отмечена для виргинильных и постгенеративных растений (коэффициент вариации (CV) 34–51 %). ЦП имеют высокий коэффициент генеративности (61–74 %), однако индексы возрастности (Δ) и эффективности (ω) отражают неоднородность их возрастной структуры. Согласно классификации «дельта–омега», выделены зрелые, переходные и стареющие ЦП.

Проведённый статистический анализ морфологических признаков *Rh. adamsii* выявил их дифференцированную изменчивость в зависимости от условий произрастания. Для числа листьев на побеге и их размерных характеристик (длина и ширина листовой пластинки, длина черешка) отмечена низкая вариабельность (CV = 5–14 %), что свидетельствует об их генетической детерминированности. Продукционные параметры (длина побегов, масса листьев на побеге, высота куста), изменчивость которых достигает 18–51 %, вносят наибольший вклад в межпопуляционную дифференциацию. На основе морфометрических параметров проведена оценка виталитетной структуры ЦП: большинство из них относится к процветающему типу, что свидетельствует об успешной адаптации вида к экстремальным условиям высокогорий Восточного Саяна.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-20129.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ НОВОГО ВИДА *PSEUDOMONAS CHEGETENSIS* SP. NOV., ПЕРСПЕКТИВНОГО ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ И СОЗДАНИЯ БИОУДОБРЕНИЙ

Э. В. Бабынин [1,2]*, Н. И. Румянцева [3]

[1] ИФМиБ, ФГАОУ ВО КФУ, Казань, Россия
[2] МГММ ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия
[3] КИББ ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

**edward.b67@mail.ru*

Ключевые слова: *Pseudomonas*, геном, каллус, фитотоксичность, биоремедиация

IDENTIFICATION OF A NOVEL *PSEUDOMONAS CHEGETENSIS* SP. NOV. SPECIES WITH POTENTIAL FOR BIOREMEDIATION AND BIOFERTILIZER DEVELOPMENT

E. V. Babynin [1,2]*, N. I. Rumyantseva [3]

[1] IFMB, Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation
[2] MGMM, FRC Kazan Scientific Center RAS, Kazan, Russian Federation
[3] KIBB, FRC Kazan Scientific Center RAS, Kazan, Russian Federation

Keywords: *Pseudomonas*, genome, callus, phytotoxicity, bioremediation

Для поиска новых штаммов непатогенных почвенных бактерий был проведен скрининг бактериальных изолятов, выделенных из прикорневой ризосферы растений, произрастающих в Кабардино-Балкарской Республике. Путем селекции на средах, где в качестве единственного источника углерода использовали дизельное топливо, было выделено три изолята бактерий ZM11, CH61 и R39, различающихся по морфологии колоний. Изучение влияния этих изолятов на рост клеток растений было проведено при совместном культивировании *in vitro* клеток бактерий и клеток каллуса гречихи татарской. Быстрорастущий, рыхлый каллус распределяли «газоном» на расстоянии 1 см от линии нанесения бактериальной культуры. Показано, что штамм R39 через 10 дней полностью убивал клетки каллуса на расстоянии до 3 см от «бактериальной» границы, что может быть обусловлено секрецией диффундирующих фитотоксинов в среду культивирования. Штаммы ZM11 и CH61 не оказывали подавляющего действия на рост клеток каллуса.

Геномную ДНК штаммов секвенировали на платформе Oxford Nanopore (Великобритания). Анализ геномов показал, что выделенные изоляты относятся к роду *Pseudomonas*; ближайшими родственниками для изолята ZM11 является *P. paracarnis*, для R39 – *P. synxantha*, а для CH61 – штамм *Pseudomonas sp.* ZY71, который ранее был выделен из ризосферы кукурузы, растущей на почвах с высоким содержанием селена (Цзыян, Китай). С помощью сервера TYGS (https://tygs.dsmz.de) установлено, что для изолята CH61, только штамм *Pseudomonas* sp. ZY71 по геномному сходству соответствовал пороговому значению dDDH (≥70 %), принятому для отнесения штаммов к одному виду. Сходство последовательностей геномов этих двух штаммов позволяет объединить их в один вид, который мы предлагаем назвать *Pseudomonas chegetensis*.

Работа выполнена в рамках гос. задания ФИЦ КазНЦ РАН.

ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА ТРАНСПОРТЕРА ЦИТРАТА У СОРТОВ ЯЧМЕНЯ

А. В. Бакулина*, Е. А. Бессолицына
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, Киров, Россия
**mol-biol@fanc-sv.ru*

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., алюмоустойчивость, ген *HvACCT1*, ПЦР-маркеры

POLYMORPHISM OF THE CITRATE TRANSPORTER GENE IN BARLEY CULTIVARS

A. V. Bakulina*, E. A. Bessolitsyna
FARC North-East, Kirov, Russian Federation

Keywords: *Hordeum vulgare* L., aluminum tolerance, *HvACCT1* gene, PCR-markers

Основным механизмом устойчивости ячменя к алюмокислому стрессу является увеличение экспрессии гена белка-транспортера цитрата *HvACCT1* (*HvMATE*) в апексах корней в присутствии Al. Изучение полиморфизма *HvACCT1* у различных сортов ячменя представляет интерес с точки зрения выявления новых вариаций этого гена.

С использованием ПЦР-маркеров (1kb-insertion, HvMATE-21indel, Cit7) определяли мутации *HvACCT1,* связанные с алюмоустойчивостью. Объектом исследования служили 39 генотипов *Hordeum vulgare* L. различного эколого-географического происхождения (полученных из коллекции ВИР и лаборатории селекции и первичного семеноводства ячменя ФАНЦ Северо-Востока). Среди исследованных образцов ни один не имел вставки 1kb-insertion, которая обладает промоторной активностью и вызывает значительное увеличении экспрессии гена *HvACCT1*. Сорта распределились на шесть гаплотипов. Российские сорта (Бионик, Новичок, Родник Прикамья, Суздалец), украинский сорт Нутанс 80 и образец Местный К19907 (Монголия) сочетали в геноме две мутации *HvACCT1*, выявляемые маркерами HvMATE-21indel (делеция 21 пн) и Cit7 (SNP-1198 (G)). У семи генотипов был выявлен только SNP-1198 (G) в кодирующем участке гена *HvACCT1*. Большая часть (17 сортов) не имели ни одной из трёх анализируемых мутаций. В исследуемом наборе генотипов обнаружено два гаплотипа, отличных от описанных ранее: 1) сорта, у которых в гене *HvACCT1* идентифицирована только делеция HvMATE-21indel (Keystone (Канада), Milton (Швеция), Нутанс 187 (Россия)); 2) генотипы, сочетающие эту делецию с SNP-1198 (G/T) (образцы из Афганистана Джау Кабутак К31119 и К311120). Таким образом, с использованием ПЦР-маркеров, сцепленных с мутациями гена *HvACCT1*, выявлены генотипы ячменя, представляющие ценный материал для дальнейшего изучения признака их вовлечения в скрещивания.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (тема: FNWE-2025-0001).

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Результаты генотипической и фенотипической оценки сортов ячменя по устойчивости к алюминию // А. В. Бакулина, Е. А. Бессолицына, О. Н. Шуплецова, Л. С. Савинцева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026. Т. 27, № 2. С. 319–330. DOI: 10.30766/2072-9081.2026.27.2.319-330

ПРЕОДОЛЕНИЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПОКОЯ СЕМЯН *PAEONIA LACTIFLORA* В УСЛОВИЯХ *IN VITRO*

М. А. Баранцова*, Е. В. Амброс
ЦСБС СО РАН, Новосибирск, Россия
m.barantsova@alumni.nsu.ru

Ключевые слова: эмбриокультура, paeonia, *in vitro*, морфофизиологический покой

OVERCOMING THE MORPHOPHYSIOLOGICAL DORMANCY OF *PAEONIA LACTIFLORA* SEEDS *IN VITRO*

M. A. Barantsova*, E. V. Ambros
CSBG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: embryo culture, paeonia, *in vitro*, morphophysiological dormancy

Paeonia lactiflora Pall., занесенный в Красную Книгу РФ, востребован благодаря декоративным и лекарственным свойствам. Традиционные методы размножения *P. lactiflora* характеризуются низкой эффективностью, что затрудняет его массовое воспроизводство и сохранение в банках *in vitro*. Семенное размножение усложняется морфофизиологическим типом покоя семян *Paeonia*, для преодоления которого требуется длительная двойная стратификация. Эффективной альтернативой является культура зародышей *in vitro*, позволяющая исключить этап стратификации и обеспечить контролируемые условия роста и развития. Использование в качестве первичных эксплантов незрелых семян и зародышей перспективно для дополнительного сокращения цикла размножения.

С целью определения оптимальных условий получения жизнеспособных зародышей и повышения эффективности их прорастания *in vitro* была проведена оценка влияния сроков сбора семян (40, 50 и 60 день после цветения) на показатели эмбриокультуры и протестировано предварительное культивирование незрелых семян как этапа, предшествующего извлечению зародышей. Культивирование семян на модифицированной среде Мурасиге-Скуга (мМС), дополненной 0,3 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП) и 0,3 мг/л гиббереллловой кислоты ($ГК_3$), в течение 45 дней позволило получить жизнеспособные зародыши для дальнейшей регенерации и показало, что ориентация при инокуляции имеет существенное значение: погружение микропиле семян в среду оказывало отрицательное влияние на жизнеспособность зародышей, тогда как размещение микропиле вверх обеспечивало лучшие результаты.

При извлечении зародышей из семян оценивалась стадия их развития. Частота стадии, сопровождающейся прорастанием корешка, зависела от срока сбора семян и увеличивалось с 7 % (40-й день после цветения) до 18 % (60-й день). Перенос извлеченных зародышей на мМС с 0,5 мг/л БАП и 0,5 мг/л $ГК_3$ стимулировал их развитие и прорастание. На безгормональной мМС наблюдался рост корешка, гипокотиля и семядолей, однако эпикотильный покой не преодолевался. Перенос таких зародышей на среду с БАП и $ГК_3$ обеспечивал прорастание в 95 % случаев. Результаты подтверждают эффективность комбинации БАП и $ГК_3$ для преодоления покоя эпикотиля и перспективность применения культуры зародышей для ускоренного размножения и сохранения *P. lactiflora*.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ НА РИЗОГЕНЕЗ ВИНОГРАДА *IN VITRO*

А. А. Батукаев [1,2]*, М. С. Батукаев [1]

[1] ФГБНУ «Чеченский НИИСХ», Грозный, Россия
[2] ОС Дагестанская – филиал ФГБНУ ФИЦ ВИР им. Н. И. Вавилова, Дербент, Россия
batukaevmalik@mail.ru

Ключевые слова: виноград, питательная среда, ризогенез, регуляторы роста, *in vitro*

THE INFLUENCE OF NUTRIENT MEDIUM COMPOSITION ON GRAPE RHIZOGENESIS IN VITRO

A. A. Batukaev [1,2]*, M. S. Batukaev [1]

[1] Chechen RIA, Grozny, Russian Federation
[2] Dagestan Experimental Station – VIR Branch, Derbent, Russian Federation

Keywords: grapes, nutrient medium, rhizogenesis, growth regulators, *in vitro*

В наших исследованиях для микрочеренкования использовали узлы, представляющие сегменты стебля с латеральной почкой развивающихся побегов винограда, которые высаживали в биологические пробирки на питательную среду МС, содержащую 1,0 мг/л БАП + 0,1 мг/л НУК, в которую добавляли Эмистим в концентрациях 10^{-7}; 10^{-8}; 10^{-9}; 10^{-10} %. Пробирки закрывали фольгой и культивировали при температуре 25^0С, 16-ти часовом фотопериоде и интенсивности освещения 4000 Люкс в течение 30 сут. Добавление в питательную среду для культивирования Эмистима в концентрациях 10^{-7}–10^{-10} % оказало влияние образование корней и их длину. Отмечено увеличение ризогенеза и числа корней, в течение всего периода культивирования, особенно в вариантах с концентрацией препарата 10^{-9} и 10^{-10} %. На 30-й день культивирования прирост числа корней составил 6,5 шт. ($К_Р$ = 7,5) и 7,3 шт. ($К_Р$ = 8,3) соответственно (для сравнения в контроле прирост числа корней составил 3,6 шт. (Кр = 4,6), т. е. в 2 раза меньше). На фоне Эмистима значительно возросла и длина корней. Более значительное увеличение происходило также в вариантах с концентрацией 10^{-9} и 10^{-10} % препарата. Прирост длины корней составил 25,6 см ($К_Р$ = 26,6) и 25,1 см (Кр = 26,1) соответственно. В контроле прирост числа корней составил 15,6 см (Кр = 16,6), т. е. в 1,6 раз меньше, чем в вариантах сравнения. Эмистим в концентрации 10^{-9} и 10^{-10} % способствовал улучшению ризогенеза побегов и образованию большего числа листьев на них за счет активного развития корневой системы. Таким образом, входящие в состав препарата Эмистим гиббереллиновая и цитокининовая кислоты активно способствовали росту корней и побегов винограда.

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Батукаев А. А., Палаева Д. О., Батукаев М. С. Оптимизация основных элементов размножения винограда биотехнологическим методом : монография. Махачкала : Изд-во АЛЕФ, 2021. 151 с. ISBN 978-5-00128-805-3.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТА НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА У ОТДАЛЕННЫХ ГИБРИДОВ ГОРОХА

К. А. Башкирова*, С. В. Бобков

ФГБНУ ФНЦ ЗБК, Орел, Россия

**xenia.baschkirowa@yandex.ru*

Ключевые слова: аммонийная и нитратная форма азота, горох, отдаленный гибрид, хлорофилл

EFFECT OF DIFFERENT NITROGEN FORMS ON CONTENT OF CHLOROPHYLL IN PEA DISTANT HIBRID

K. A. Bashkirova*, S. V. Bobkov

FSBSI FSC LGC, Orel, Russian Federation

Keywords: ammonium and nitrate form of nitrogen, pea, distant hybrid, chlorophyll

Урожайность сельскохозяйственных культур во многом определяется эффективностью фотосинтеза. Повысить ее можно за счет увеличения содержания хлорофилла в фотосинтезирующих органах. На количество хлорофиллов большое влияние оказывает содержание азота, который для растения доступен в двух формах – нитратной и аммонийной.

Цель исследования состояла в определении влияния аммонийной и нитратной форм азота на содержание хлорофилла у отдаленных гибридов гороха с генетическими вариантами высокого содержания хлорофилла.

Использовали два вида азотных удобрений – калийную селитру (нитратная форма азота – 30 кг/га д.в.) и АЗОФОСКУ (по 15 кг/га д. в. аммонийной и нитратной форм азота). Содержание хлорофилла изучали в прилистниках на первом продуктивном узле у растений семей отдаленных гибридов гороха Н18 (F_4) и Н90 (F_5), полученных в результате скрещивания селекционной линии ЛУ 153-06 с низким содержанием хлорофиллов и дикорастущего образца к-3370 (*Pisum sativum* ssp. *elatius*) с высоким и последующего отбора по признаку «высокое содержание суммы хлорофиллов *a* и *b*», в фазу начала налива семян. В качестве контроля использовали селекционную линию ЛУ 153-06. Определение количества хлорофилла проводили в 95 % этаноле в соответствии с рекомендациями H. K. Lichtenthaler (1987) и выражали в мг/г сухого вещества.

В условиях опыта растения семей отдаленных гибридов гороха Н18 и Н90 отличались более высоким уровнем содержания хлорофилла, чем селекционной линии ЛУ 153-06. У представителей изучаемых семей наибольший прирост количества хлорофилла отмечался при использовании аммонийной формы азота, а у контроля – при применении нитратной. Увеличение содержания хлорофилла у растений семей отдаленных гибридов при замене половины нитратного азота на аммонийный и уменьшение – у селекционной линии может быть связано с тем, что данная форма азота лучше подходит для формирования фотосинтетического аппарата у гибридов с вариантами генов, определяющих высокое содержание хлорофилла.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЗБК по разделу FGZZ-2025-0014 «Физиолого-биохимическое изучение генетических ресурсов зернобобовых и крупяных культур для использования в селекционном процессе».

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *LITHOSPERMUM OFFICINALE* L. *IN VITRO* КАК ПЕРСПЕКТИВНОГО ИСТОЧНИКА НАФТОХИНОНОВ

А. Ю. Величко [1]*, Е. В. Амброс [1], В. В. Величко [2], Д. С. Круглов [2], О. Ю. Васильева[1]

[1] ЦСБС СО РАН, Новосибирск, Россия
[2] ФГБОУ ВО НГМУ Минздрава России, Новосибирск, Россия

**anna.vel77@mail.ru*

Ключевые слова: *Lithospermum officinale*, нафтохиноны, розмариновая кислота, *in vitro*

OPTIMIZATION OF *IN VITRO* CULTIVATION CONDITIONS FOR *LITHOSPERMUM OFFICINALE* L. AS A PROMISING SOURCE OF NAPHTHOQUINONES

A. Yu. Velichko [1]*, E. V. Ambros [1], V. V. Velichko [2], D. S. Kruglov [2], O. Yu. Vasilyeva [1]

[1] CSBG SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
[2] FSBEI HE NSMU MOH Russia, Novosibirsk, Russian Federation

Keywords: *Lithospermum officinale*, naphthoquinones, rosmarinic acid, *in vitro*

Вид *Lithospermum officinale* L. (Boraginaceae) представляет интерес как источник нафтохинонов, обладающих высокой биологической активностью. Промышленное использование вида ограничивается медленным развитием растений и низкой семенной продуктивностью. Перспективным является культивирование *L. officinale in vitro*, позволяющее контролировать биосинтез целевых метаболитов и получать стандартизированную фитомассу. Цель исследования – оптимизация условий культивирования *L. officinale in vitro* для изучения накопления нафтохинонов в ювенильных растениях. Семена *L. officinale* (сбор 2024 г., Новосибирская область) подвергали механической и химической скарификации с последующей поверхностной стерилизацией. Введение семян в культуру *in vitro* осуществляли на питательных средах МС (Мурасиге и Скуга) и ½ МС при температуре 22±2 ºС, фотопериоде 16/8 ч и освещенности 2000 лк. В процессе культивирования на среде ½ МС отмечался более интенсивный рост микропобегов по сравнению со стандартной средой МС. При длительном культивировании микрорастений на среде ½ МС отмечались более интенсивный рост микропобегов, темное окрашивание корней и потемнение питательной среды, что может свидетельствовать о накоплении нафтохинонов. Через 26 недель культивирования корни отделяли в стерильных условиях. Спектры спиртовых извлечений (70 %) регистрировали на спектрофотометре СФ-56. Суммарное содержание хлорофиллоподобных пигментов было сходным у образцов и составило 0,522 и 0,538 мг/г соответственно. В диапазоне 200–400 нм спектры указывали на преобладание гидроксикоричных кислот, преимущественно розмариновой кислоты, содержание которой составило 7,0 % для МС и 9,4 % для ½ МС. Для образца ½ МС зафиксирован батохромный сдвиг максимумов поглощения, характерный для шиконина и его производных, что свидетельствует о более высоком накоплении нафтохинонов в корнях микрорастений.

КАРБОКСИХРОМАНАТ-2-ЭТИЛ-МЕТИЛ-3-ГИДРОКСИПИРИДИН ПРЕДУПРЕЖДАЕТ РАЗВИТИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА У ПРОРОСТКОВ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ

И. В. Жигачева*, Н. И. Крикунова

ИБХФ РАН, Москва, Россия

**zhigacheva@mail.ru*

Ключевые слова: антиоксиданты, АФК, 3-гидроксипиридины, ПОЛ, митохондрии

CARBOXYCHROMANATE-2-ETHYL-6-METHYL-3-HYDROXYPYRIDINE PREVENTS THE DEVELOPMENT OF OXIDATIVE STRESS IN PEA SEEDLINGS IN CONDITIONS OF WATER DEFICIENCY

I. V. Zhigacheva*, N. I. Krikunova

IBCP RAS, Moscow, Russian Federation

Keywords: antioxidants, ROS, 3-hydroxypyridines, lipid peroxidation, mitochondria

В условиях стресса в клетках и тканях растений накапливается избыточное количество активных форм кислорода (АФК), источником которых, в первую очередь, являются электронтранспортные цепи митохондрий и хлоропластов. Избыточная генерация АФК может нарушать стабильность клеточного метаболизма. Так, активные формы кислорода вызывают окислительную модификацию белков, инициируют перекисное окисление липидов, приводят к набуханию митохондрий и, вероятно, активируют апоптоз. Можно предположить, что антиоксиданты предотвращая излишнюю генерацию АФК этими органеллами могут служить адаптогенами.

В связи с этим исследованы адаптогенные свойства нового антиоксиданта «Карбоксихроманат 2-этил-6-метил-3-гидроксипиридин» (Х-3-ГП). Исследования проводились на митохондриях этиолированных проростков гороха, находящихся в условиях дефицита воды, и зеленых проростках пшеницы. Дефицит воды в 2,4 раза активировал перекисное окисление липидов в мембранах митохондрий проростков гороха. В этом случае индекс двойных связей C_{18} жирных кислот снижался с 1,33±0,01 до 1,25±0,01, а индекс двойных связей жирных кислот C_{20} – с 0,078±0,009 до 0,043±0,005. Обработка семян гороха 10^{-6}М раствором препарата предотвращала активацию перекисного окисления липидов и изменения в составе жирных кислот мембран митохондрий. Препарат предупреждал снижение темпов роста проростков гороха в стрессовых условиях. Более того, применение Х-3-ГП к зеленым сеянцам пшеницы оказало ростостимулирующее действие: прирост зеленой массы увеличивался на 11,65 и 11,96 %, а прирост корней – на 48,9 и 56,1 %. Препарат может быть использован в качестве регулятора роста растений.

Основные публикации авторов по тематике доклада:

Carboxychromanate-2-ethyl-6-methyl-3-hydroxypyridine Maintains the functional state of pea seedlings mitochondria under conditions of water deficiency / I. V. Zhigacheva, I. F. Rusina, N. I. Krikunova, Yu. V. Kuznetsov, I. P. Generozova // Russian Journal of Plant Physiology. 2026. Vol. 1. P. 73–104. DOI: 10.1134/S1021443725607840

КОМБИНИРОВАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ УФ-Б РАДИАЦИИ И ГИДРОКСИБЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ НА *IN VITRO* КУЛЬТУРЫ *CAMELLIA SINENSIS*: МОРФОЛОГИЯ, ПЕРЕКИСНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ЛИПИДОВ, НАКОПЛЕНИЕ ПОЛИФЕНОЛОВ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ

Н. В. Загоскина*, Т. Л. Нечаева

ИФР РАН, Москва, Россия

**biophenols@ifr.moscow*

Ключевые слова: *Camellia sinensis* L., каллусные культуры, полифенолы, регуляция

COMBINED EFFECTS OF UV-B RADIATION AND HYDROXYBENZOIC ACIDS ON *IN VITRO* CULTURES OF *CAMELLIA SINENSIS*: MORPHOLOGY, LIPID PEROXIDATION, ACCUMULATION OF POLYPHENOLS OF VARIOUS POLYMERIZATION DEGREES

N. V. Zagoskina*, T. L. Nechaeva

IPP RAS, Moscow, Russian Federation

Keywords: *Camellia sinensis* L., callus, polyphenols, regulation

Одним из активно развиваемых направлений исследований является поиск факторов/воздействий и их комбинаций на продукционную способность *in vivo* и *in vitro* культур растений. Особенно ценен этот подход для биотехнологии, в том числе для повышения накопления фармакологически ценных метаболитов. К их числу относятся полифенолы (ПФ) – вторичные соединения с антиоксидантной активностью. Их накопление регулируется действием УФ-Б радиации, а также салициловой (СК) и *n*-оксибензойной (ОК) кислотами, сведения о комбинированном их влиянии отсутствуют. Целью исследования являлось изучение действия УФ-Б радиации совместно с СК или ОК на *in vitro* культуры *Camellia sinensis* L. Каллусы чая стеблевого происхождения выращивали на питательной среде Хеллера, содержащей 2,4-Д (5 мг/л) и глюкозу (25 г/л). При постановке опытов основную среду (К) дополняли СК или ОК (10^{-5}М). Каллусы анализировали через 1 и 7 сут выращивания на белом свету при 16-часовом фотопериоде с ежедневным освещением УФ-Б лучами (2 ч). Согласно полученным данным комплексное воздействие УФ-Б лучей совместно с оксибензойными кислотами вызывало в каллусах чая изменения в уровне ПОЛ: через 1 сут он повышался относительно К (в большей степени у ОК), а через 7 сут – не изменялся или был меньше К (варианты с ОК или СК, соответственно). Накопление флаванов (мономеры ПФ) во всех опытных вариантах было практически равным К. Аналогичная картина характерна для проантоцианидинов (олигомеры ПФ), за исключением более низкого их уровня в варианте с 7-суточным воздействием СК. Содержание лигнина (полимеры ПФ) в каллусах чая через 1 сут повышалось в варианте с ОК относительно К, оставаясь неизменным в случае с СК, тогда как через 7 сут превышало его при всех воздействиях. Все это свидетельствует о том, что комплексное воздействие УФ-Б лучей и двух представителей ГБК (СК и ОК) повышало уровень ПОЛ в каллусных культурах чая и степень полимеризации ПФ, особенно при длительном их воздействии.

Исследование выполнено в рамках ГЗ ИФР РАН № 126012615951-9.

ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И БАКТЕРИЙ, СТИМУЛИРУЮЩИХ РОСТ РАСТЕНИЙ, НА УКОРЕНЕНИЕ ЧЕРЕНКОВ ТОПОЛЯ ЧЕРНОГО (*POPULUS NIGRA* L.)

Р. С. Иванов*, М. Д. Тимергалин, С. П. Четвериков, Г. Р. Кудоярова

УИБ УФИЦ РАН, Уфа, Россия

**ivanovirs@mail.ru*

Ключевые слова: черный тополь (*Populus nigra* L.), *Pseudomonas protegens* DA1.2, бактерии, стимулирующие рост растений (PGPR), гуминовые вещества (HSs), ген *RGF*

INFLUENCE OF HUMIC SUBSTANCES AND PLANT GROWTH-PROMOTING BACTERIA ON THE ROOTING OF BLACK POPULAR (*POPULUS NIGRA* L.) CUTTINGS

R. S. Ivanov*, M. D. Timergalin, S. P. Chetverikov, G. R. Kudoyarova

UIB UFRC RAS, Ufa, Russian Federation

Keywords: black poplar (*Populus nigra* L.), *Pseudomonas protegens* DA1.2, plant growth-promoting bacteria (PGPR), humic substances (HSs), *RGF* gene

Растения рода Populus относятся к числу экономически важных древесных растений и являются экспериментальной модельной системой для изучения древесных видов. Мы исследовали способность бактерий, стимулирующих рост растений (PGPR), и гуминовых веществ (HS) влиять на укоренение их черенков, процесс, играющий важную роль в вегетативном размножении. Мы использовали штаммы бактерий из коллекции микроорганизмов Уфимского Института биологии: *Pseudomonas protegens* DA1.2 и *Enterobacter ludwigii* BLK. Для эксперимента использовали черенки черного тополя (*Pópulus nigra* L.). Их помещали в водный раствор с добавлением бактерий, гуминовых веществ и их комбинации. Через 15 дней измеряли количество и длину придаточных корней, а также отбирали образцы для определения содержания гормонов и экспрессии генов. Были измерены уровни ауксина, индол-3-уксусной кислоты (ИУК) и абсцизовой кислоты (АБК), поскольку оба вещества оказывают антагонистическое воздействие на укоренение. Было показано, что активация образования корней обусловлена, с одной стороны, повышением уровня ауксина под влиянием ИУК-продуцирующих бактерий, что приводит к усилению экспрессии гена *PnRGF9*, кодирующего фактор роста корневой меристемы. С другой стороны, активация укоренения обусловлена снижением содержания АБК в результате ее расщепления бактериями штамма DA1.2, которые катаболизируют этот гормон. Свою роль также сыграли гуминовые вещества (ГВ), способные ингибировать синтез АБК. В результате наибольшая эффективность препаратов при укоренении черенков черного тополя наблюдалась при комбинированном применении бактерий DA1.2 и ГВ.

Исследование выполнено при поддержке РНФ (грант № 25-26-00171).

Основная публикация авторов по тематике доклада:

The influence of plant growth-promoting bacteria and humic substances on the rooting of black Poplar (Populus nigra L.) cuttings // R. Ivanov, M. Timergalin, G. Zaitsev, T. Nuzhnaya, S. Chetverikov, A. Feoktistova, S. Starikov, R. Urazgildin, A. Nazarov, G. Kudoyarova // Plants. 2026. Vol. 15, N 5. Art. 680. DOI: 10.3390/plants15050680

КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ТОМАТА К ЗАСУХЕ

С. А. Коннова*, И. Р. Ишмухаметов, С. Н. Баташева

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Россия

**svetaka14@gmail.com*

Ключевые слова: донор оксида азота (II), наноконтейнеры, нанотрубки галлуазита, обезвоживание

COMPOSITE MATERIAL TO IMPROVE TOMATO DROUGHT RESISTANCE

S. A. Konnova*, I. R. Ishmukhametov, S. N. Batasheva

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation

Keywords: nitric oxide (II) donor, nanocontainers, halloysite nanotubes, dehydration

Хозяйственная деятельность человека оказывает негативное действие на окружающую среду и приводит к изменению климата. В настоящее время большая площадь используемых земель сельскохозяйственного назначения России находится в зоне рискованного земледелия. Сельскохозяйственные культуры, выращиваемые в данной зоне, подвергаются действию различных стрессовых факторов, таких как высокие температуры и дефицит воды. Поэтому необходимы новые безопасные и высокоэффективные методы, позволяющие снизить влияние стрессовых факторов и повысить продуктивность растений. Одним из таких способов является обработка растений функциональными композитными неорганическими наноматериалами.

Растворы донора оксида азота (II), нитропруссида натрия, характеризуются высокой нестабильностью. Описанный в литературе вариант обработки семян растений данным соединением имеет ограничение. Нитропруссид натрия имеет высокую растворимость в воде и очень быструю кинетику выделения оксида азота (II). В то же время высокая концентрация NO может оказывать токсическое действие на растительные организмы. Инкапсуляция и иммобилизация в/на наноматериалы обеспечит стабильность донора оксида азота и позволит контролировать его высвобождаемое количество.

В данной работе получены керамические наночастицы, функционализированные нитропруссидом натрия и биологическими полимерами, крахмалом и целлюлозой. При получении данного материала отработана методика загрузки в нанотрубки галлуазита неорганического соединения нитропруссида натрия. С помощью спектрофотометрического метода, метода динамического светорассеивания (DLS), инфракрасной спектроскопии проведена качественная и количественная оценка эффективности загрузки нанотрубок галлуазита. С помощью гиперспектральной системы CytoViva проведена гиперспектральная характеристика функциональных наноматериалов, результатом которой стало создание спектральной базы данных (спектральная библиотека).

В дальнейшем будет оценено влияние таких материалов на физиологические и биохимические параметры культуры растения томата *Solanum lycopersicum*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00759, https://rscf.ru/project/25-26-00759/.

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА СОДЕРЖАНИЕ ДЕГИДРИНОВ В КАЛЛУСНЫХ КЛЕТКАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

Н. Е. Коротаева [1]*, В. Н. Шмаков [1], В. И. Бельков [1,2], Д. В. Пятрикас [1], И. В. Горбенко [1,2]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия

**knev73@yandex.ru*

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., каллусная культура, холод, дегидрины

THE INFLUENCE OF LOW TEMPERATURES ON THE CONTENT OF THE DEHYDRINS IN CALLUS CELLS OF SCOTS PINE

N. E. Korotaeva [1]*, V. N. Shmakov [1], V. I. Bel'kov [1,2], D. V. Pyatrikas [1], I. V. Gorbenko [1,2]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] ISU, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: *Pinus sylvestris* L., callus culture, cold, dehydrines

Дегидрины (ДГ) – белки, накопление которых повышает устойчивость растений к холоду и водному дефициту. ДГ голосеменных растений изучены недостаточно. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) приспособлена к холоду и недостатку влаги, что предполагает важность ДГ для устойчивости растений этого вида. Чтобы определить, какие ДГ сосны обыкновенной регулируются холодовым стрессом, на эксплантах из вегетативных ветвей и почек пяти деревьев сосны обыкновенной были получены каллусные линии, которые затем подвергали воздействию низких положительных температур (+4 или +1 ºС). Воздействие холодом не было летальным, поскольку жизнеспособность каллусных клеток при действии холода оставалась на прежнем уровне. В ответ на обработку холодом наблюдались накопление супероксидного аниона в каллусных клетках и снижение прироста каллусов, что указывает на произошедшие физиологические изменения. Повышение уровня перекисного окисления липидов и активности ферментов пероксидазы и супероксиддисмутазы свидетельствовало о повреждении клеток и активации защитных механизмов. После холодового воздействия повышалась экспрессия у шести изученных генов ДГ, которая имела индивидуальные особенности для каждого генотипа (дерева). В каллусах двух линий, полученных на эксплантах почек, в ответ на воздействие холодом был обнаружен ранее не идентифицированный и не появлявшийся в ответ на водный дефицит ДГ с мол. массой 24 кД. При действии холода увеличилось содержание ДГ 70 кД, который накапливается также в ответ на водный дефицит, как показано ранее. Исследование указывает на существование у *P. sylvestris* ДГ, связанных с действием холода, и ДГ, накопление которых может быть вызвано как холодом, так и водным дефицитом.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-24-10035, https://rscf.ru/project/23-24-10035.

ЗАЩИТНЫЙ ЭФФЕКТ ТЕБУКОНАЗОЛА НА КЛЕТОЧНЫЕ МЕМБРАНЫ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГЕРБИЦИДА ФЛУРИДОНА

А. В. Корсукова [1], И. В. Любушкина [1], К. А. Кириченко [1], Н. С. Забанова [1,2], Е. В. Бережная [1], Т. П. Побежимова [1], Л. В. Дударева [1], Н. В. Дорофеев [1], О. И. Грабельных [1,2]*

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия

**grolga@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: жирнокислотный состав, озимая пшеница, тебуконазол, флуридон, холодовое закаливание

PROTECTIVE EFFECT OF TEBUCONAZOLE ON WINTER WHEAT CELL MEMBRANES UNDER THE ACTION OF THE HERBICIDE FLURIDONE

A. V. Korsukova [1], I. V. Lyubushkina [1], K. A. Kirichenko [1], N. S. Zabanova [1,2], E. V. Berezhnaya [1], T. P. Pobezhimova [1], L. V. Dudareva [1], N. V. Dorofeev [1], O. I. Grabelnych [1,2]*

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] ISU, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: fatty acid composition, winter wheat, tebuconazole, fluridone, cold hardening

Изучен жирнокислотный состав побегов этиолированных проростков озимой пшеницы из семян, необработанных (контрольные проростки) и обработанных тебуконазолом (Теб) (30 мкг/г семян), выращенных на воде или растворе флуридона (ФЛД) (5 мг/л) в контрольных температурных условиях (24 ºС) и после низкотемпературного закаливания (+2 ºС, 7 сут).

Анализ содержания ключевых жирных кислот (ЖК) при действии гербицида ФЛД и фунгицида триазольной природы Теб и низкотемпературном воздействии выявил, что низкотемпературное закаливание приводит к повышению содержания пальмитиновой (C16:0), олеиновой (C18:1ω9), линолевой (C18:2ω6) и α-линоленовой (C18:3ω3) кислот. Аналогичные изменения наблюдались и при обработке контрольных проростков Теб. Предположительно Теб, как и низкая положительная температура, способствовал активации синтеза, элонгации и десатурации ЖК. Гербицид ФЛД в контрольных условиях в большинстве случаев не влиял на содержание ЖК, а в случае стеариновой кислоты (C18:0) – приводил к снижению содержания. При низкотемпературном закаливании ФЛД снижал содержание ключевых ЖК, в то время как Теб частично компенсировал действие ФЛД, и снижение содержания ЖК при совместной обработке Теб и ФЛД было менее существенным. Можно предположить, что действие ФЛД как прооксиданта являлось одной из причин снижения содержания ненасыщенных ЖК, а фунгициды триазольной природы (Теб) выступали протекторами, снижающими негативный эффект гербицидов на мембраны в условиях активного роста и действия стрессовых факторов (низкая температура).

Работа была выполнена в рамках государственного задания 0277-2025-0006, рег. № НИОКТР – 125021902487-9.

СРАВНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ *BACILLUS SUBTILLIS* 3Н И ЕЕ МЕТАБОЛИТОВ ПО ОТНОШЕНИЮ ФИТОПАТОГЕНАМ

М. М. В. Кузнецова [1,2], Р. Р. Ахунова [2], Т. Н. Кузнецова [2], А. С. Григориади [1], М. И. Гарипова [1], А. А. Ямалеева [1], Р. Г. Фархутдинов [1]*

[1] ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, Россия
[2] ООО «НВП «БашИнком», Уфа, Россия

**frg2@mail.ru*

Ключевые слова: *Bacillus subtilis* 3Н, фитопатогены, биологическая эффективность, культуральная жикость, метаболиты

COMPARISON OF THE BIOLOGICAL EFFICIENCY OF *BACILLUS SUBTILLIS* 3H CULTURE LIQUID AND ITS METABOLITES AGAINST PHYTOPATHOGENS

N. V. Kuznetsova [1,2], R. R. Akhunova [2], T. N. Kuznetsova [2], A. S. Grigoriadi [1], M. I. Garipova [1], A. A. Yamaleeva [1], R. G. Farkhutdinov [1]*

[1] Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russian Federation
[2] BashInkom Research and Development Enterprise, Ufa, Russian Federation

Keywords: *Bacillus subtilis* 3H, phytopathogens, biological efficiency, culture fluid, metabolites

Целью данной работы являлся сравнительный анализ биологической эффективности цельной культуральной жидкости бактерий *Bacillus subtilis* 3Н и полученных на их основе метаболитных супернатантов. Было установлено, что бесклеточные супернатанты культуральной жидкости *B. subtilis* 3Н сохраняют значительную антагонистическую активность против фитопатогенов (*Fusarium culmorum, Helminthosporium sativum*). В лабораторных вегетационных опытах на зараженном фоне метаболиты *B. subtilis* 3Н продемонстрировали высокую активность против листостебельных инфекций (60 % против септориоза, 49,2 % против пирикуляриоза).

Полевые опыты на озимой пшенице подтвердили данные лабораторных исследований – препаративная форма на основе очищенных метаболитов *B. subtilis* 3Н была эффективна по отношению к возбудителям септориоза и бурой ржавчины. Биологическая эффективность применения метаболитов *B. subtilis* 3Н против септориоза составила на флаглисте – 63 %, что достоверно превысило результат применения культуральной жидкости (57,2 %).

Результаты обосновывают перспективность разработки биофунгицидного препарата на основе концентрированных метаболитов, а не суспензии живых клеток. Разработка такого биопрепарата позволит улучшить потребительские свойства: повышенная стабильностью при хранении, независимость применения от погодных условий, влияющих на жизнедеятельность микробиологических клеток, соответствие требованиям импортозамещения, органического земледелия и снижение пестицидной нагрузки в агроценозах.

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ НА КОМПОНЕНТНЫЙ ПРОФИЛЬ ФРАКЦИЙ СТЕРИНОВ И ИХ ЭФИРНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ В ЛИСТЬЯХ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Т. В. Липчанская, В. В. Гурина, И. С. Капустина, Е. В. Спиридонова, Н. В. Озолина

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**t20010305@gmail.com*

Ключевые слова: засуха, пшеница, свободные стерины, эфиры стеринов

EFFECT OF SOIL DROUGHT ON THE COMPONENT PROFILE OF STEROL FRACTIONS AND THEIR ESTHER DERIVATIVES IN SOFT WHEAT LEAVES (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

T. V. Lypchanskaya, V. V. Gurina, I. S. Kapustina, E. V. Spiridonova, N. V. Ozolina

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: drought, wheat, free sterols, sterol esters

Глобальное изменение климата приводит к росту числа засушливых периодов, снижая урожайность одной из важнейших сельскохозяйственной культуры – пшеницы. Значительные площади посевов пшеницы в России находятся в регионах экстремального земледелия, включая Западную и Восточную Сибирь, где одним из отрицательных факторов является длительный засушливый период.

Стерины являются важными компонентами липидного бислоя и участвуют во многих процессах, происходящих в растениях от регуляции роста и развития до изменения свойств и структуры клеточных мембран, что предположительно делает их одним из основных компонентов адаптационных механизмов растительных клеток к различным условиям среды.

Целью работы было оценить влияние дефицита влаги, соответствующего климатическим условиям Западной и Восточной Сибири в весенний период на изменения качественного и количественного состава компонентного профиля фракций стеринов и их эфирных производных в листьях сортов мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), отличающихся по засухоустойчивости.

При анализе стериновых фракций были идентифицированы соединения, относящиеся к изопреноидам как с наличием, так и отсутствием двойных связей. Результаты показали, что засуха вызывала различные изменения профиля фракций стеринов и их производных. Засухоустойчивый сорт Бурятская остистая характеризовался более стабильным составом изопреноидов (особенно во фракции эфиров) и быстрым возвращением к исходному состоянию после пика стресса, тогда как у чувствительного сорта Диамант 2 наблюдались разнонаправленные изменения с накоплением Δ5-стеринов на поздних этапах, что может свидетельствовать о нарушении гомеостаза мембран.

Таким образом, изменения в составе стериновых фракций при стрессе от засухи говорят о важной роли этих соединений в адаптационных механизмах.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНДУЦИРОВАННОГО АНДРОГЕНЕЗА И ПОЛУЧЕНИЕ ЗЕЛЕНЫХ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ У МЯГКОЙ ОЗИМОЙ И ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

И. В. Любушкина*, А. В. Поморцев, М. С. Полякова, Н. С. Забанова, Е. А. Полякова, Т. П. Побежимова, О. И. Грабельных

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**ostrov1873@yandex.ru*

Ключевые слова: индуцированный андрогенез, растения-регенеранты, *Triticum aestivum* L.

APPLICATION OF INDUCED ANDROGENESIS AND FORMATION OF GREEN REGENERATED PLANTS IN SOFT WINTER AND SPRING WHEAT

I. V. Lyubushkina*, A. V. Pomortsev, M. S. Polyakova, N. S. Zabanova, E. A. Polyakova, T. P. Pobezhimova, O. I. Grabelnych

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: induced androgenesis, regenerated plants, *Triticum aestivum* L.

Индуцированный андрогенез – один из самых быстрых методов получения новых сортов культурных растений с повышенной устойчивостью к биотическим и абиотическим стрессам и улучшенной хозяйственной ценностью. Однако, несмотря на перспективность данного метода, его применение на сегодняшний день для многих видов, в том числе для мягкой пшеницы, ограничено из-за низкой частоты образования растений-регенерантов. У пшеницы на данном этапе высока вероятность развития нежизнеспособных растений-альбиносов, лишенных хлорофилла. Было проанализировано влияние состава сред для инициации регенерации растений из андроклинных структур, полученных в культуре изолированных пыльников яровой (Новосибирская 29) и озимой пшеницы (Иркутская), на частоту образования растений-регенерантов. Для регенерации растений использовались среды Мурасиге-Скуга (MS), Гамборга (B_5), модифицированная микросолями среды Блэйдес (Blades), и 190-2Cu. Среды применялись в двух вариантах – с добавлением гормонов-регуляторов роста (НУК, 0,5 мг/л и кинетин, 0,5 мг/л) и без них. Из всех изученных сред максимальная частота образования растений-регенерантов у изученных сортов яровой и озимой пшеницы наблюдалась на среде 190-2Cu, при этом у яровой пшеницы частота регенерации была существенно выше по сравнению с озимой пшеницей. Геммогенез с большей частотой происходил на безгормональной среде, а развитие и рост корневой системы у растений-регенерантов успешнее осуществлялись на среде, содержащей НУК и кинетин. Было установлено, что обработка андроклинных структур низкой положительной температурой сразу после пересадки на среду 190-2Cu повышала частоту регенерации растений и способствовала формированию зеленых растений-регенерантов как у озимой, так и у яровой пшеницы.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирского института физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук (Рег. № НИОКТР – 125021902487-9).

БИОСЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ CRISPR/CAS ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ВЫЯВЛЕНИЯ ФУЗАРИОЗНОЙ ИНФЕКЦИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Е. И. Михеева

Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Ekaterina.Mikheeva@skoltech.ru

Ключевые слова: CRISPR/Cas диагностика, фузариоз, микотоксины, тест-системы

CRISPR/CAS-BASED BIOSENSOR SYSTEMS FOR RAPID DETECTION OF FUSARIUM INFECTION IN CEREAL CROPS UNDER FIELD CONDITIONS

E. I. Mikheeva

Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russian Federation

Keywords: CRISPR/Cas diagnostics, Fusarium, mycotoxins, test systems

Фузариоз зерновых культур, вызываемый грибами рода *Fusarium* (*F. graminearum*, *F. verticillioides*, *F. proliferatum* и др.), является серьезной угрозой для продовольственной безопасности. Помимо прямых потерь урожая, которые могут достигать 30 % и более, патогены также производят микотоксины, представляющие опасность для здоровья человека и животных. Традиционные методы диагностики, такие как микробиологический посев и ПЦР, требуют лабораторного оборудования и квалифицированного персонала, что ограничивает их применение непосредственно в агроценозах. В связи с этим актуальна разработка портативных тест-систем для быстрого и точного мониторинга.

В последние годы CRISPR/Cas-системы активно адаптируются для использования в молекулярной диагностике. Это стало возможным благодаря способности эффекторных нуклеаз, таких как Cas12 и Cas13, к неспецифическому расщеплению репортерных молекул при распознавании мишени. Для практического применения CRISPR/Cas-диагностика интегрируется с изотермической амплификацией, которая не требует использования термоциклеров. Наиболее перспективные платформы для обнаружения фузариозной инфекции: 1. RPA/RAA-CRISPR/Cas12a с использованием латерального потока. Данная технология позволяет проводить анализ за 20–60 мин. Предел обнаружения составляет 0,3 пг геномной ДНК на уровне рода, а для *F. graminearum* – 7,8 пг/мкл. 2. LAMP-CRISPR/Cas12b в формате single-tube реакции. Подход обеспечивает проведение анализа за 45 мин при температуре 60 ºС, что минимизирует риск контаминации. 3. Мультиплексные полевые платформы. Они способны одновременно обнаруживать несколько возбудителей болезней, таких как *F. graminearum* и *F. verticillioides*, в неочищенных растительных экстрактах.

Системы CRISPR/Cas, используемые в качестве биосенсоров, демонстрируют аналитические свойства, сравнимые с ПЦР в реальном времени (нижний предел обнаружения составляет 1–5 пг/мкл), при этом они полностью пригодны для использования вне лабораторных условий. Испытания на образцах пшеницы, кукурузы и риса, зараженных инфекцией, подтвердили возможность обнаружения патогенов уже через четыре дня после инокуляции. Тестирование в сложных матрицах, таких как почва, вода и растительные ткани, показало устойчивость к ингибиторам. Полевые испытания продемонстрировали возможность быстрого (25–60 мин) и специфичного обнаружения фузариозных патогенов. Таким образом, CRISPR/Cas-биосенсорные системы могут применяться для оперативного контроля заражения зерновых культур фузариозом в полевых условиях.

ПОРТАТИВНАЯ LAMP-ДИАГНОСТИКА ФУЗАРИОЗНОЙ ИНФЕКЦИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЁ ПОЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Е. И. Михеева

Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Ekaterina.Mikheeva@skoltech.ru

Ключевые слова: петлевая изотермическая амплификация (LAMP), фузариоз, полевая диагностика

PORTABLE LAMP-BASED DIAGNOSIS OF FUSARIUM INFECTION IN CEREAL CROPS AND PROSPECTS FOR ITS FIELD APPLICATION

E. I. Mikheeva

Skolkovo Institute of Science and Technology, Moscow, Russian Federation

Keywords: loop-mediated isothermal amplification (LAMP), Fusarium, field diagnostics

Фузариоз зерновых (*Fusarium* spp.) приводит к потерям урожая до 30–50 % и накоплению микотоксинов, угрожающих продовольственной безопасности. Традиционные лабораторные методы (посев, ПЦР) точны, но требуют специализированного оборудования и персонала, что ограничивает их полевое применение. Метод петлевой изотермической амплификации (LAMP) зарекомендовал себя как экономичный и быстрый, преодолевая ограничения ПЦР и открывая возможность для создания портативных тест-систем полевого применения.

Метод LAMP проводится при постоянной температуре (60–65 ºС) с использованием 4–6 праймеров, что исключает необходимость термоциклирования и делает метод оптимальным для использования в портативных системах. Для обнаружения фузариозных инфекций рассмотрены следующие методы: 1. Микрофлюидные чипы, которые объединяют выделение ДНК из пшеницы и флуоресцентный LAMP. Данные чипы позволяют обнаруживать *F. graminearum* при уровне, соответствующем наличию токсигенной инфекции. 2. Гибридные CRISPR/Cas12a-LAMP-платформы с колориметрической Au-CRISPR-детекцией. Эти платформы позволяют визуализировать *F. temperatum* с помощью смартфона. Для обнаружения требуется всего 100 копий/мкл и 75 мин. 3. CRISPR/LbCas12a-LAMP для *F. fujikuroi* с ультрачувствительностью менее 1 аМ в формате латерального потока. CRISPR/Cas-системы (Cas12, Cas13) в сочетании с LAMP успешно обнаруживают ДНК *F. graminearum* и *F. verticillioides* с чувствительностью до нескольких копий. Полевые испытания подтвердили эффективность микрофлюидного устройства в обнаружении *F. graminearum* в пшенице; CRISPR-LbCas12a-LAMP-платформа обеспечивает сверхчувствительное обнаружение гена *TEF1-α F. fujikuroi* на уровне менее 1 аМ. Система Au-CRISPR позволяет проводить детекцию с помощью смартфон-ридера.

Таким образом, использование LAMP-диагностики в сочетании с CRISPR/Cas-биосенсорами представляет собой эффективный метод раннего полевого выявления фузариозной инфекции и точного контроля фитосанитарных рисков.

ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ЭМБРИОГЕННЫХ МАСС СИБИРСКИХ ХВОЙНЫХ РОДА *PINUS*

Н. Е. Носкова, М. А. Носкова*, Я. В. Смольникова , О. В. Стутко, В. А. Ханипова, Е. А. Носков

ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ, Красноярск, Россия

**masha_nosk@mail.ru*

Ключевые слова: *Pinus pumila*, *Pinus sylvestris*, соматический эмбриогенез, эмбриогенная масса, аминокислотный состав,

A STUDY OF AMINO ACID COMPOSITION IN EMBRYOGENIC MASSES OF SIBERIAN CONIFERS FROM *PINUS*

N. E. Noskova, M. A. Noskova*, Ya. V. Smol'nikova, O. V. Stutko, V. A. Khanipova, E. A. Noskov

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation

Keywords: *Pinus pumila*, *Pinus sylvestris*, somatic embryogenesis, embryogenic mass, amino acid composition

Соматический эмбриогенез все шире используется для масштабирования селекционных генотипов экономически важных видов хвойных. Наиболее эффективными эксплантами для инициации процесса у *Pinus* являются половые зародыши на ранних стадиях развития, а сама инициация завершается образованием эмбриогенной массы (ЭМ), которая стремительно размножается и состоит из ранних соматических зародышей. Множество точек роста, высокий уровень обменных процессов, быстрый рост биомассы свидетельствует о высоком содержании энзимов, других биологически активных веществ. Исследование химического состава ЭМ хвойных позволит не только оптимизировать биотехнологию соматического эмбриогенеза, но и оценить биосинтетический потенциал ЭМ.

ЭМ кедрового стланика и сосны обыкновенной были получены через соматический эмбриогенез из образцов, собранных в окрестностях пгт Новая Чара (2010) и на территории Ангарской ЛСП (2021), соответственно. Исследования на содержание белка и аминокислотный состав проводились в 2022 г. Содержание белка определяли по методу Кьельдаля на анализаторе VELP Scientifica UDK 159, аминокислотный состав белка – методом капиллярного электрофореза (система «КАПЕЛЬ»). Для оценки биологической ценности белка рассчитывали аминокислотные скоры незаменимых аминокислот.

Содержание белка в ЭМ кедрового стланика и сосны обыкновенной составило 22,7 % и 26,1 % от абсолютно сухой массы, соответственно. В составе белка у обоих видов обнаружено присутствие 17 индивидуальных аминокислот, в том числе, все незаменимые. Содержание незаменимых аминокислот у кедрового стланика составило 56 %, у сосны обыкновенной – 29 %. У обоих видов лимитирующими аминокислотами явились триптофан и сумма аминокислот лейцин и изолейцин. Для кедрового стланика выявлено высокое содержание цистеина (25,90 г на 100 г белка). Результаты исследования показали, что, в целом, белок ЭМ кедрового стланика и сосны обыкновенной отличаются высокой биологической ценностью.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ЗАПАСНЫХ БЕЛКОВ У АБИССИНСКОГО И ПОСЕВНОГО ГОРОХА

У. И. Онучина*, С. В. Бобков

ФГБНУ ФНЦ ЗБК, Орел, Россия

**uliania21@yandex.ru*

Ключевые слова: абиссинский горох, запасные белки, полиморфизм, электрофорез

STUDY OF STORAGE PROTEIN POLYMORPHISM IN ABYSSINICUM AND FIELD PEA

U. I. Onuchina*, S. V. Bobkov

FSBSI FSC LGC, Orel, Russian Federation

Keywords: abyssinian pea, spare protein, polymorphism, electrophoresis

Абиссинский горох является обособленным таксоном неопределенного происхождения и не имеет диких форм. В настоящее время культивируется только в Эфиопии в провинциях Южный Тиграй и Северный Велло, а также на юге Йемена. Данный горох представляет практическое значение для селекционеров благодаря ряду полезных признаков: адаптация к засушливому климату, скороспелость, нерастрескивающиеся бобы, семена, прорастающие без периода покоя, устойчивость к бактериальной гнили. Кроме того, абиссинский горох можно использовать в качестве источника ценных вариантов генов для увеличения генетического разнообразия посевного гороха.

Цель исследования состояла в изучении полиморфизма белков у абиссинского и посевного гороха для использования в селекции.

Использовали семена образцов абиссинского гороха (*Pisum sativum* L. ssp. *abyssinicum*) к-2759 и к-9932 коллекции ВИР, а также сортов гороха посевного (*Pisum sativum* L. ssp *sativum*) Ягуар и Гамбит. Для разделения белков семян применяли стандартный метод SDS-PAGE электрофореза. Белки экстрагировали из муки трис-глициновым буфером в течение 20 ч при температуре 4 ºС. Разделение проводили с использованием специализированной камеры для вертикального электрофореза.

Электрофоретический анализ белков индивидуальных семян и смеси муки абиссинского и посевного гороха выявил 39 позиций размещения компонентов, среди них 13 (33,3 %) были полиморфными, из которых 7 (17,9 %) по наличию-отсутствию и 6 (15,4 %) по интенсивности окрашивания. Исследование показало отсутствие полиморфизма между компонентами непроцессированного вицилина и конвицилина между изученными образцами абиссинского и сортами посевного гороха. Электрофоретический анализ индивидуальных семян и смешанных образцов показал наличие полиморфизма по изоформам α-субъединицы легумина между абиссинским и посевным горохом. Наличие двух различных компонентов α-субъединицы легумина у абиссинского и посевного гороха является индикатором экспрессии двух различных вариантов генов, кодирующих запасной белок легумина.

Исследования проведены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЗБК по разделу FGZZ-2025-0014 «Фундаментальные свойства аллельных вариантов хозяйственно ценных признаков для использования в геномной селекции зернобобовых и крупяных культур».

ФОРМИРОВАНИЕ КАРЛИКОВОГО ФЕНОТИПА ТОПОЛЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ЕГО АГРОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ГЕНОМ *ATGA2OX2*

В. В. Павличенко*, М. В. Протопопова

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**vpavlichenko@gmail.com*

Ключевые слова: *Populus* × *berolinensis*, гиббереллин 2-оксидаза, карликовость, тополь, трансгенные древесные растения

FORMATION OF A DWARF PHENOTYPE IN POPLAR FOLLOWING AGROBACTERIUM-MEDIATED TRANSFORMATION WITH THE *ATGA2OX2* GENE

V. V. Pavlichenko*, M. V. Protopopova

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: dwarfism, gibberellin 2-oxidase, poplar, *Populus* × *berolinensis*, transgenic woody plants

Одним из перспективных направлений современной биотехнологии растений является разработка карликовых форм. Такие формы зачастую оказываются более адаптированными к изменяющимся условиям окружающей среды по сравнению с растениями с типичным габитусом. Карликовые растения находят широкое применение в сельском хозяйстве и ландшафтном дизайне. Работа была направлена на создание карликовой формы тополя берлинского (*Populus* × *berolinensis*), трансформированной геном *AtGA2ox2* из *Arabidopsis thaliana*. Этот ген кодирует гиббереллин-2-оксидазу, ключевой фермент метаболизма гиббереллинов, ответственный за инактивацию их биоактивных форм. Агробактериальную генетическую трансформацию тополя проводили с использованием полученной нами рекомбинантной бинарной плазмиды pBI121, содержащей ген *AtGA2ox2* под контролем промотора CaMV 35S. В результате трансформации с использованием селективной среды и ПЦР-скрининга была отобрана одна трансгенная линия. Конститутивная экспрессия *AtGA2ox2* привела к появлению отчетливого карликового фенотипа тополя *in vitro*. По сравнению с контролем у трансгенных растений была значительно уменьшена длина междоузлий и изменена морфология листьев, которые приобрели форму перевернутой лодочки, подобную той, которая образуется в результате поражения цитрусовых деревьев вирусом карликовости Сацумы. В виду практически полного отсутствия междоузлий, размножение трансгенных растений путем укоренения главного или адвентивных побегов оказалось невозможным. Поэтому микроклональное размножение карликовой линии проводили через органогенный каллус. Размноженные клоны демонстрируют чрезвычайно медленный рост, а накопление биомассы происходит в основном за счет образования новых розеточных листьев. Пересадка этих саженцев в условия *ex vitro* является сложной задачей из-за присущей им хрупкости побегов и корневой системы.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России для СИФИБР СО РАН (№ 125021902487-9). Авторы также благодарят ЦКП «Биоаналитика» за доступ к аналитическому оборудованию.

СОЗДАНИЕ КАНДИДАТНОЙ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ВАКЦИНЫ ПРОТИВ РАКА НА ОСНОВЕ «РАННЕГО» БЕЛКА ПАПИЛЛОМА ВИРУСА ВПЧ16 Е2, ЭКСПРЕССИРУЕМОГО В ПЛОДАХ ТРАНСГЕННОГО ТОМАТА

Н. И. Рекославская [1]*, А. В. Третьякова [2]

[1] СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия

**rekoslavskaya@sifibr.irk.ru*

Ключевые слова: ВПЧ16 Е2, рак, терапевтическая вакцина

CREATION OF A CANDIDATE THERAPEUTIC VACCINE AGAINST CANCER BASED ON THE "EARLY" PROTEIN OF THE PAPILLOMA VIRUS HPV16 E2 EXPRESSED IN TRANSGENIC TOMATO FRUITS

N. I. Rekoslavskaya [1]*, A. V. Tretyakova [2]

[1] SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation
[2] ISU, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: HPV16 E2, cancer, therapeutic vaccine

«Ранний» белок папилломавируса ВПЧ16 Е2 является онкосупрессором и блокирует экспрессию онкогенов ВПЧ16 Е6 и ВПЧ16 Е7. Синтез гена ВПЧ16 Е2 произведен фирмой GenScript (США) по авторской конструкции ->RB->p35SRdRP->p35S'HPV16 E2->T7G10LUGT->t35S->LB и помещен в экспрессионный агробактериальный вектор. Синтез целевого белка ВПЧ16 Е2 в плодах томата достигал эффективности 25–30 %. Раковые клетки HeLa использовали для индукции у мышей развития опухолей семенников и карцином легких *in vivo* и *ex vivo*. Вакцинирование мышей *per os* с ВПЧ16 Е2 (500 мг на мышь) приводило к регрессии опухолей семенников у самцов через 5–7 сут после приема и к нормализации легких. Изолированные легкие мышей, помещенные в суспензию клеток HeLa, уже на вторые сутки формировали опухоли с увеличением их размера 1,8–2 раза. В растворе 500 мг/мл ВПЧ16 Е2 на 5-е сут происходила регрессия *ex vivo*. Вакцинирование мышей с ВПЧ16 Е2 приводило к значительной индукции синтеза интерферона-γ, увеличению генераций CD4+/CD8+ Т лимфоцитов, увеличению Т клеточных рецепторов в клетках крови и спленоцитах, повышению активности ферментов апоптоза: гранзима В, перфорина и гранулизина. Вызванное HeLa повышение онкобиомаркеров: Ki-67, гликолитической пируваткиназы и PD-1/PD-L1 в Т лимфоцитах из крови и из Т лимфоцитов легких ВПЧ16 Е2 резко блокировал. Во фракции ядер клеток HeLa обнаружена гибридизация ВПЧ16 Е2 с ДНК топоизомеразой TOPBP1, ключевой платформой репарации ДНК, служащей для ответа генома на повреждения. В присутствии онколитиков: ВПЧ16 Е2, оксидаз L- и D-аминокислот клетки HeLa формируют разветвленные непроницаемые мембранные структуры, мембраномы, обратимые и способные к росту монослоем. В присутствии колхицина клетки HeLa образовывали характерные стэкинг-микрофиламенты в виде сферических укладок по типу «вязанок хвороста».

Работа выполнена в рамках Проекта VI.62.1.6, № гос. рег. АААА-А17-117011810102-5.

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ ПРОИЗВОДСТВА НИТРОВАННОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Е. А. Саратовских [1]*, В. С. Смирнов [1], Е. В. Голосов [1], М. В. Жидков [1], А. Т. Лебедев [2], А. В. Черняк [1], П. С. Метальников [2], А. В. Супырев [3], Р. Н. Яруллин [3]

[1] ФИЦ ПХФ и МХ РАН, Черноголовка Московская обл., Россия
[2] ФГБОУ ВО МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия
[3] ФГАОУ ВО КФУ, Казань, Россия

**easar@icp.ac.ru*

Ключевые слова: гриб *Fusarium solani*, нитрованная целлюлоза

THE USE OF MICROORGANISMS FOR WASTEWATER TREATMENT OF NITRATED CELLULOSE PRODUCTION

E. A. Saratovskikh [1]*, V. S. Smirnov [1], E. V. Golosov [1], M. V. Zhidkov [1], A. T. Lebedev [2], A. V. Chernyak [1], P. S. Metalnikov [2], A. V. Supyrev [3], R. N. Yarullin [3]

[1] *FRC PCPMC RAS,* Chernogolovka, Moscow region, Russian Federation
[2] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation
[3] Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russian Federation

Keywords: *Fusarium solani* mushroom, nitrated cellulose

Во многих отраслях промышленности широко применяются нитраты целлюлозы (НЦ), сточные воды которых содержат НЦ-волокно. Устойчивость НЦ к биологическому разложению приводит к накоплению отходов в прудах-отстойниках, негативному воздействию на окружающую среду и здоровье людей. Разработка методов утилизации стоков производства НЦ является чрезвычайно актуальной задачей.

В ходе исследования использовали активный ил (АИ) очистных сооружений, мицелиальный гриб *Fusarium solani.* Состояние НЦ после проведения биологического окисления оценивали с помощью физико-химических методов исследования: определяли молекулярно-массовое распределение, изменение вязкости, количество нитратов и нитритов, изменение морфологии образцов; а также состав по данным ИК-спектроскопии, ЯМР и хромато-масс спектроскопии.

В результате проведенного исследования показано возникновение симбиоза микроорганизмов АИ и *F. solani*, что приводит к значительному увеличению степени разложения НЦ, изменению структуры волокна и снижению содержания в нем азота.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (гос. задание № 124020500019-2).

Основная публикация авторов по тематике доклада:

Модернизация химической очистки отхода производства лаковых коллоксилинов (ловушечного коллоксилина) / А. В. Супырев, Р. Н. Яруллин, А. А. Куликова, Е. В. Голосов, Е. А. Саратовских // Химическая безопасность. 2025. Т. 9, № 1. С. 94–104. DOI: 10.25514/CHS.2025.1.28005

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ САХАРОЗЫ НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ И ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СУСПЕНЗИОННЫМИ КЛЕТКАМИ БРУСНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

А. А. Сёмин*, В. А. Устинов, А. Е. Жаворонкова, Е. В. Березина, А. А. Брилкина

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

**siom.andrei@yandex.ru*

Ключевые слова: суспензионные клетки, фенольные соединения, сахароза

THE EFFECT OF SUCROSE CONCENTRATION ON THE ACCUMULATION OF BIOMASS AND PHENOLIC COMPOUNDS BY SUSPENSION CELLS OF LINGONBERRY

A. A. Syomin*, V. A. Ustinov, A. E. Zhavoronkova, E. V. Berezina, A. A. Brilkina

Lobachevsky University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

siom.andrei@yandex.ru

Keywords: suspension cells, phenolic compounds, sucrose

Брусника обыкновенная является ценным источником фенольных соединений (ФС). Суспензионные клетки рассматриваются как перспективный источник ФС, поскольку способны накапливать их круглогодично. Сахароза в питательной среде выполняет энергетическую и сигнальную роль и предшественника ряда веществ, тем самым влияя на накопление ФС. Цель работы – изучение влияния концентрации сахарозы на накопление биомассы и ФС в суспензионных клетках брусники.

Суспензионные клетки культивировали в среде Woody Plant Medium, содержащей 2,25 мкМ 2,4-Д и БАП. Клетки пассировали на среды с концентрациями сахарозы 10, 20, 30, 50 и 70 г/л. По окончании пассажа определяли сырую и сухую массу, а также колориметрически оценивали содержание растворимых фенольных соединений (РФС), флавоноидов, флаванов и проантоцианидинов.

Культивирование суспензионных клеток в средах с разными концентрациями сахарозы оказало существенное влияние на накопление биомассы. При использовании 20–70 г/л сахарозы сырая биомасса клеток в конце пассажа была на 41 % больше по сравнению с вариантом 10 г/л. Превышение этого варианта по сухой биомассе составило 33 % для вариантов 20–50 г/л сахарозы и 117 % для варианта 70 г/л сахарозы. Также культивирование суспензионных клеток на средах с разными концентрациями сахарозы оказало существенное влияние на накопление ФС. В варианте 10 г/л сахарозы в суспензионных клетках содержание РФС и флавоноидов составило более 200 мг/г сухой массы, флаванов – 128 мг/г сухой массы, проантоцианидинов – 50 мг/г сухой массы. Наибольшее накопление ФС наблюдалось в вариантах 30 и 50 г/л сахарозы.

Таким образом, сахароза в концентрациях 30 и 50 г/л у суспензионных клеток стимулировала накопление биомассы и ФС. Увеличение концентрации сахарозы до 70 г/л на фоне положительного влияния на накопление биомассы привело к снижению накопления ФС.

Работа выполнена при поддержке программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

СТИМУЛИРОВАНИЕ СВЕТОМ НАКОПЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КЛЕТКАХ СУСПЕНЗИОННЫХ КУЛЬТУР *VACCINIUM CORYMBOSUM* L.

В. Д. Сергеева*, А. А. Сухова, Е. В. Березина, А. А. Брилкина

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

**manyc48@gmail.com*

Ключевые слова: голубика, индукция светом, культуры клеток, хроматография

LIGHT STIMULATION OF THE ACCUMULATION OF CERTAIN PHENOLIC COMPOUNDS IN SUSPENSION CULTURE CELLS OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* L.

V. D. Sergeeva*, A. A. Sukhova, E. V. Berezina, A. A. Brilkina

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Keywords: blueberry, light induction, cell cultures, chromatography

Фенольные соединения (ФС) – вторичные метаболиты с высокой антиоксидантной активностью, перспективные для терапии многих заболеваний. Голубика щитковая синтезирует широкий спектр ФС, которые можно получать с помощью культур суспензионных клеток. Содержание ФС можно варьировать с помощью освещения, на данный момент для голубики действие света на синтез ФС было показано лишь на клетках ягод и листьев. Цель работы – оценка влияния освещения на спектр индивидуальных ФС в суспензионных клетках *V. corymbosum*.

Материалом служили культуры суспензионных клеток возрастом 20 пассажей (1 пассаж – 28 дней). Использовали два варианта сочетания фитогормонов 2,4-Д и БАП: 0,45/0,45 и 2,25/2,25 мкмоль/л среды WPM. Освещали лампами с интенсивностью 60 мкмоль квантов/м²·с, фотопериод 16/8. Клетки переносили из темноты на свет (Т-С) и из света в темноту (С-Т); освещение меняли кратковременно (7 дней) и долговременно (на два пассажа). Содержание ФС оценивали хроматомасс-спектрометрически.

Выявлено, что в суспензионных клетках в мкг/грамм сухой массы синтезируются: галловая (G), кофейная (C), феруловая (F), салициловая кислоты (S) и рутин (R) (0,1–0,9), хлорогеновая (Cl), р-кумаровая кислоты (pK) и ванилин (V) (0,004–2,7), кверцетин (Q) (до 13,7), эскулин (E) (до 27,5), катехин (Ct) (до 2500). При краткой смене освещения (2,25/2,25 мг/л 2,4-Д/БАП) переход С-Т стимулировал накопление G, C, F, V, и Q, снижал уровень S, Cl, R, и Ct. Переход Т-С усиливал синтез R, E. При культивировании на свету в течении 2 пассажей на среде с 2,25/2,25 мг/л 2,4-Д/БАП накапливались R, S, Cl, pK, V, E и Q. На среде с 0,45/0,45 мг/л 2,4-Д/БАП содержание C, pK, F снижалось. Эскулин накапливался в обоих случаях, содержание катехина значимо не изменялось.

Таким образом, ФС наиболее накапливаются при сочетанном влиянии смены освещения и повышенной концентрации фитогормонов. Долговременное действие света эффективно для накопления гидроксикоричных кислот и флавонолов.

Работа выполнена при поддержке программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

АНТИМИКРОБНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПЕПТИДОВ ПРОИЗВОДНЫХ ДЕФЕНЗИНОВ *THINOPYRUM ELONGATUM* ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И МЕДИЦИНЕ

М. П. Слезина*, Т. И. Одинцова

ИОГен РАН, Москва, Россия

**omey@list.ru*

Ключевые слова: антимикробные пептиды, *Thinopyrum elongatum*

ANTIMICROBIAL POTENTIAL OF SYNTHETIC PEPTIDES DERIVATIVES OF *THINOPYRUM ELONGATUM* DEFENSINS FOR PRACTICAL APPLICATION IN AGRICULTURE AND MEDICINE

M. P. Slezina*, T. I. Odintsova

VIGG RAS, Moscow, Russian Federation

Keywords: antimicrobial peptides, *Thinopyrum elongatum*

Антимикробные пептиды (АМП) – компоненты защитной системы растений, являются экологически безопасной альтернативой традиционным антибиотикам и противогрибковым препаратам, однако производство полноразмерных пептидов дорогостояще. Недавние исследования показали, что антимикробные свойства АМП во многом зависят от γ-кора – участка молекулы АМП с характерным мотивом GXCXnC.

Настоящий проект посвящен изучению антимикробной активности синтетических пептидов, соответствующих последовательностям γ-ко́ров дефензинов пырея *Thinopyrum elongatum*, дикорастущего вида известного своей устойчивостью к стрессам. Методом твердофазного синтеза были синтезированы 2 пептида Tedef2 (14 ак) и Tedef4 (16 ак), обладающие положительным зарядом +3. Для обоих пептидов была предсказана α-спиральная конформация. Полученные пептиды были протестированы на антимикробную активность против широкого спектра патогенных грибов и бактерий. В результате было показано, что оба пептида обладают антифунгальной активностью, хотя степень ингибирования варьировала. Самую высокую антифунгальную активность проявил Tedef4 против *Aspergillus unguis* с IC_{50} = 2,1 мкМ. Оба пептида эффективно подавляли рост *Cryptococcus neoformans* (IC_{50} = 9,9 и 29,8 мкМ, соответственно), а Tedef2 и *Candida tropicalis* (IC_{50} = 26,5 мкМ). Против грибов *Fusarium culmorum*, *F. oxysporum*, *F. verticillioides*, *Penicillium gladioli*, *Bipolaris sorokiniana* пептид Tedef2 был более активен, чем Tedef4, его значения IC_{50} варьировали от 44,4 до 119,1 мкМ. Оба пептида показали слабую антибактериальную активность против *Clavibacter michiganensis* и *Pseudomonas savastanoi*. Дальнейший анализ стабильности и цитотоксичности коротких пептидных молекул, а также последующие структурные модификации для улучшения практических свойств, таких как антимикробная активность, стабильность и снижение потенциальной токсичности для клеток растений и человека, в конечном итоге будут способствовать разработке новых, безопасных и эффективных пептидных антимикробных средств для защиты растений и медицины.

Исследование выполнено при поддержке Государственного задания № 125050605758-0.

ОСОБЕННОСТИ МИКРОКЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ *FRAGARIA*

А. В. Степанов*, О. И. Грабельных

СИФИБР СО РАН, Иркутск, Россия

**saw33@list.ru*

Ключевые слова: микроклональное размножение, оздоровленный посадочный материал, земляника садовая

SPECIFICS OF MICROPROPAGATION OF VARIOUS *FRAGARIA* SPECIES

A. V. Stepanov*, O. I. Grabelnych

SIPPB SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Keywords: micropropagation, virus-free planting material, garden strawberry

Разработана методика очищения посадочного материала *in vitro* для получения оздоровленного материала и дальнейшего массового размножения данных растений (микроклональное размножение) с целью получения качественного посадочного материала «суперэлита».

В работе использовали различные красноплодные и белоплодные сорта земляники садовой, альпийской и земклуники. В качестве эксплантов использовали апикальные меристемы усов, либо семена. Экспланты стерилизовали различными способами, но самым эффективным по соотношению эффективность – время-затраты оказался гибридный способ. Экспланты промывали проточной водой и замачивали в концентрированном мыльном растворе (от 30 мин до 2 ч), затем после отмывки проточной водой стерилизовали 70 % этанолом (30 с), затем после отмывки стерильной водой – 0,1 % сулемой (3 мин), после 3-кратной отмывки стерильной водой высаживали на МС-среду (0,8 % агара и 30 г/сахарозы), содержащую 1 мг/л 6-БАП (С31). Экспланты высаживали в стерильные полипропиленовые контейнеры объемом 250 мл и помещали в световую комнату (22ºС, 16 ч. освещение). Начавшие рост стерильные экспланты через 1 мес. помещали на среду, содержащую 1 мг/л 6-БАП и 0,5 мг/л ИМК (С32), далее ежемесячно пересаживали, высаживая по 8 точек роста на контейнер. Укоренение проводили на среде С33, содержащей 1 мкг/л ИМК, либо безгормональной. Показано, что имеющейся в среде сахарозы (30 г/л) и солей МС хватает для активного роста в закрытых контейнерах без проветривания в течение месяца. Этого времени достаточно для почти полного зарастания контейнера кустами, либо конгломератами. Далее требовалась своевременная пересадка в свежие контейнеры с разрежением до 8 точек роста на контейнер. При невозможности своевременной пересадки культура начинала стареть и отмирать в течение следующего месяца. Помещение контейнеров в холодильник замедляло этот процесс, но ненадолго. Белоплодные сорта проявили большую чувствительность к старению, по сравнению с красноплодными. Укорененные микрокусты высаживали в стерилизованный грунт (садовая земля и вермикулит, 3:1) и адаптировали к условиям *ex vitro*. Оздоровленные кусты выращивались и анализировались в изолированной теплице фитотрона, и в течении как минимум нескольких месяцев не проявляли признаков каких-либо инфекций, активно цвели, плодоносили и практически не образовывали усов.

ЗАВИСИМОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КЛЕТОЧНЫХ КУЛЬТУРАХ *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ФИТОГОРМОНОВ И УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ

А. А. Сухова*, В. Д. Сергеева, Е. В. Березина, А. А. Брилкина

ННГУ им. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

**alinaismailova2000@bk.ru*

Ключевые слова: вересковые, культуры растительных клеток, свет, фенольные соединения, фитогормоны

DEPENDENCE OF ACCUMULATION OF PHENOLIC COMPOUNDS IN CELL CULTURES OF *VACCINIUM CORYMBOSUM* L. ON THE CONCENTRATION OF PHYTOHORMONES AND LIGHTING CONDITIONS

A. A. Sukhova*, V. D. Sergeeva, E. V. Berezina, A. A. Brilkina

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Russian Federation

Keywords: Ericaceae, plant cell cultures, light, phenolic compounds, phytohormones

Голубика щитковая является ценным растением, ее клетки способны синтезировать разнообразные фенольные соединения (ФС), обладающие широким спектром биологического воздействия. Получение ФС из растений связано с рядом ограничений (сезонность, длительный период вегетации). В связи с этим актуальность приобретают биотехнологические подходы, основанные на использовании клеточных культур, фенолпродуцирующая способность которых находится на уровне, не отличающемся от дикорастущих растений. Цель работы – выявление влияния освещения и фитогормонов на рост клеточных культур голубики щитковой и синтез ими ФС.

В работе использовали каллусные и суспензионные клетки *V. corymbosum*, инициированные и культивируемые на среде WPM, дополненной 2,4-Д и БАП (0,45/0,9; 0,45/0,45; 0,9/0,45 мкМ), как на свету (60 мкмоль/м^{2}с$^{-1}$, 16-часовой фотопериод), так и в темноте. Анализировали содержание ФС (растворимых фенольных соединений (РФС), флавоноидов (Фл), флаванов (Флав), проантоцианидинов (Про)).

Свет способствовал более быстрому формированию и росту рыхлых каллусов. На первых пассажах свет стимулировал накопление ФС, в дальнейшем его эффект нивелировался. Увеличение концентрации цитокинина в среде (0,45/0,9 мкМ) приводило к максимальной скорости роста каллусов, а также положительно сказывалось на накоплении ФС в темноте и на свету. Свет способствовал быстрому росту биомассы низкоагрегированной культуры суспензионных клеток. После 6 пассажа уровень Флав и Про повышался в 2 раза в присутствии 0,45/0,45 мкМ и в дальнейшем сохранялся. Увеличение концентрации цитокинина не приводило к повышению уровня ФС, как у каллусов. Таким образом, свет способствует более быстрому формированию клеточных культур голубики щитковой. Действие света при инициации культур в сочетании с 0,45/0,9 мкМ для каллусов и 0,45/0,45 мкМ для суспензионных клеток может выступать инструментом, позволяющим активировать накопление ФС.

Работа выполнена при поддержке программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОГЕННОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОБНОГО БИОПРЕПАРАТА DOP-UNI В БИОТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Д. С. Тамаровский [1]*, А. Н. Чеснокова [1], Г. О. Жданова [2,3]

[1] ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», Иркутск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «ИГУ», Иркутск, Россия
[3] БМ СО РАН, Листвянка, Россия

**alnich99@gmail.com*

Ключевые слова: биотопливный элемент (БТЭ); биопрепарат DOP-UNI; нефть; электрогенная активность

EVALUATION OF THE ELECTROGENIC ACTIVITY OF THE BIOPREPARATION DOP-UNI IN BIOFUEL CELLS

D. S. Tamarovsky [1]*, A. N. Chesnokova [1], G. O. Zhdanova [2,3]

[1] INRTU, Irkutsk, Russian Federation
[2] ISU, Irkutsk, Russian Federation
[3] BM SB RAS, Listvyanka, Russian Federation

Keywords: biofuel cell (BFC); biopreparation "DOP UNI"; petroleum; electrogenic activity

Широта добычи и переработки нефти обуславливает высокие риски загрязнения окружающей среды нефтью и продуктами ее переработки. В связи с этим исследования в области очистки воды от нефтяных загрязнений является довольно актуальной проблемой. В рамках технологии биотопливных элементов (БТЭ) очистка сточных вод сопряжена с получением биоэлектричества, что обуславливает перспективность этого подхода. В данной работе экспериментально продемонстрирована способность микроорганизмов коммерческого нефтеразрушающего биопрепарата DOP-UNI (ООО «Лаборатория микробных технологий», РФ) генерировать электрический ток в БТЭ в присутствии нефти. Электрические показатели исследуемых БТЭ достигали максимальных значений на 5–6-е сут эксперимента. Так, максимальные значения напряжения, генерируемого микроорганизмами биопрепарата в присутствии 0,1 % нефти, в первые 2 сут эксперимента возрастали с 0 мВ до 250 мВ, а к 6 сут – до 510 мВ. Максимальное значение силы тока при этом на 6 сут достигало 908 мкА. Вклад биопрепарата DOP-UNI в работу БТЭ подтверждали низкие электрические параметры контрольных БТЭ (не содержащих биопрепарат). Так, на 6 сут экспозиции при работе БТЭ, содержащих биопрепарат и 0,1 % нефти, на внешнюю нагрузку 500 Ом, их удельная мощность составляла 45,5±20,6 мкВт, в то время как исследуемый показатель контрольных БТЭ (без добавления микроорганизмов биопрепарата) не превышал 3 мкВт. Полученные данные демонстрируют возможные перспективы применения биопрепарата «DOP-UNI» в технологии БТЭ для очистки нефтезагрязненных сточных вод.

Авторы признательны ген. директору ООО «Лаборатория микробных технологий» Д. В. Сердюкову за любезно предоставленный образец биопрепарата DOP-UNI. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РНФ № 25-44-02008, https://rscf.ru/project/25-44-02008/.

ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА СОСТОЯНИЕ ПОСАДОЧНОГОМАТЕРИАЛА КЛЕНА СЕРЕБРИСТОГО (*ACER SACCHARINUM* L.)

М. Д. Тимергалин [1]*, Р. С. Иванов [1], А. М. Назаров [2], С. П. Четвериков [1], Г. Р. Кудоярова [1]

[1] УИБ УФИЦ РАН, Уфа, Россия
[2] УГНТУ, Уфа, Россия

**timermax@mail.ru*

Ключевые слова: бактерии, стимулирующие рост растений, гуминовые вещества, клен серебристый (*Acer saccharinum* L.), фитогормоны

THE EFFECT OF HUMATES AND BACTERIAL PREPARATIONS ON THE CONDITION OF SILVER MAPLE (*ACER SACCHARINUM* L.) PLANTING MATERIAL

M. D. Timergalin [1]*, R. S. Ivanov [1], A. M. Nazarov [2], S. P. Chetverikov [1], G. R. Kudoyarova [1]

[1] UIB UFRC RAS, Ufa, Russian Federation
[2] Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation

Keywords: Plant Growth-Promoting Bacteria, humic substances, silver maple (*Acer saccharinum* L.), phytohormones

Клен серебристый (*Acer saccharinum*), также известен как клен сахаристый, обладает декоративной, хозяйственной, медицинской и экологической ценностью. Для создания устойчивых зеленых насаждений требуется достаточное количество высококачественного посадочного материала со здоровой корневой системой. Одним из способов повышения качества посадочного материала является использование бактерий стимулирующих рост растений или PGPB (Plant Growth-Promoting Bacteria). Влияние бактерий на корневую систему растений объясняется их способностью продуцировать фитогормоны ауксины, которые стимулируют ветвление корней. Гуминовые вещества (ГВ) также оказывают положительное влияние на корневую систему. Комбинированная обработка PGPB и ГВ в большей степени стимулировала рост растений клена за счет повышения уровня ауксина, оказывала аддитивный эффект на ростовые показатели. Использование молекулярно-динамического моделирования позволило сделать вывод, что ГВ связывают ауксины, что, вероятно, защищает лабильные гормоны от деградации почвенными ферментами. Также выявлено, что сочетание ГВ с бактериальными препаратами влияло на уровень АБК и цитокининов в растениях, оптимизируя фотосинтез и водный обмен. Аддитивный эффект ГВ и PGPB может быть использован для получения препаратов стимуляторов роста древесных растений, в том числе как способ решения экологических и климатических проблем.

Исследование выполнено при поддержке РНФ (грант № грант № 25-26-00171).

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ *DRACOCEPHALUM PALMATUM*

Н. К. Чирикова [1]*, Д. Н. Оленников [2]

[1] СВФУ, Якутск, Россия
[2] ИОЭБ СО РАН, Улан-Удэ, Россия

**hofnung@mail.ru*

Ключевые слова: *Dracocephalum palmatum*, ВЭЖХ, фенольные соединения, флавоноиды

PHENOLIC COMPOUNDS OF *DRACOCEPHALUM PALMATUM*

N. K. Chirikova [1]*, D. N. Olennikov [2]

[1] NEFU, Yakutsk, Russian Federation
[2] IOEB SB RAS, Ulan-Ude, Russian Federation

Keywords: *Dracocephalum palmatum*, HPLC, phenolic compounds, flavonoids

Dracocephalum palmatum Stephan – растение, используемое в народной медицине кочевников. В Якутии встречается в Алданском, Колымском, Арктическом, Яно-Индигирском флористических районах. В надземной части *D. palmatum* установлено содержание 23 соединений, включая 6 фенилпропаноидов, 2 кумарина, 13 флавоноидов и 2 тритерпена. Среди них в роде *Dracocephalum* впервые обнаружены 8 соединений (сальвианолиевая кислота В, кафтаровая кислота, цикориевая кислота, умбеллиферон, эскулетин, апигенин-7-*O*-β-D-глюкуронопиранозид, изороифолин и лютеолин-4′-*O*-β-D-глюкопиранозид). Флавоноиды (20,987 мг/г), в частности флавоны (20,844 мг/г), преобладают среди фенольных соединений в образце *D. palmatum*. Из них выделяются в качестве доминирующих цинарозид (12,075 мг/г) и космосиин (5,683 мг/г). Флаваноны составляют менее 1 % от общего количества флавоноидов. Количество гликозидов в траве *D. palmatum* превышает агликоны в 11 раз. Среди гликозидов преобладают моногликозиды (19,420 мг/г), а биозиды (рутинозиды) составляют около 3 % от общего содержания флавоноидов. Содержание фенилпропаноидов в *D. palmatum* не превышает 15 % общего количества идентифицированных фенольных соединений. Основными представителями являются розмариновая (1,614 мг/г) и сальвианоловая кислоты (1,456 мг/г). Роль розмариновой кислоты, характерной для семейства *Lamiaceae*, остается неясной, поскольку ее присутствие не было выявлено во всех видах *Dracocephalum*. Общее содержание фенольных соединений в культивированном образце *D. palmatum* (17,571 мг/г) на 28 % меньше, чем в диком образце (24,503 мг/г). Состав соединений в культивированных образцах идентичен с составом в диком образце, за исключением высокого содержания биозидов в культивированных образцах (2,735 мг/г), что свидетельствует о сохранении химического состава *D. palmatum* при искусственном выращивании. Выявлено неравномерное распределение фенольных соединений по органам растения: максимальное содержание соединений отмечено в листьях (37,825 мг/г), минимальное – в цветках (11,251 мг/г), а стебли содержат промежуточное количество веществ (20,959 мг/г). Результаты исследования антиоксидантной активности травы *D. palmatum* показывают, что фенольные соединения данного растения способны нейтрализовать свободные радикалы и молекулы NO, инактивируют пероксид водорода и ионы Fe^{2+}.

Исследование выполнено при поддержке государственного задания Минобрнауки России (FSRG-2026-0010).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫТЯЖЕК ИЗ *POLYSCIAS FILICIFOLIA* L. ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОРОСТКОВ РЖИ К ЗАСОЛЕНИЮ

А. А. Эмрез *, О. Г. Яковец

БГУ, Минск, Беларусь

**arynaklimovich024@gmail.com*

Ключевые слова: засоление, пигменты, рожь, *Polyscias filicifolia* L.

USING *POLYSCIAS FILICIFOLIA* L. EXTRACTS TO INCREASE THE SALINITY RESISTANCE OF RYE SEEDLINGS

A. A. Emrez*, O. G. Yakovets

BSU, Minsk, Belarus

Keywords: salinity, pigments, rye, *Polyscias filicifolia* L.

В последнее время особенно остро стоит проблема засоления почв. Повышенные концентрации NaCl оказывают угнетающее влияние на метаболизм растений, нарушают водный обмен и снижают фотосинтетическую активность. В качестве средств, повышающих стрессоустойчивость растений, все большее применение находят биопрепараты, получаемые на основе вытяжек из растительного сырья. Исторически использование растительных вытяжек началось задолго до появления химических препаратов. Экологические последствия применения синтетических регуляторов роста и пестицидов вызвали новый интерес к природным соединениям. *Polyscias filicifolia* L. используется в фармакологии и фитотерапии, его листья содержат флавоноиды, сапонины, полифенолы, органические кислоты, тритерпены, эфирные масла. Благодаря своему химическому составу вытяжки из *P. filicifolia* L. могут рассматриваться как хорошие модуляторы стрессоустойчивости у растений.

Исследования проводили на 8–10-дневных проростках озимой ржи сорта Камея, выращенных рулонным способом. Вытяжку из высушенных листьев *P. filicifolia* L. получали путем экстракции 70 % этиловым спиртом с помощью обратного холодильника. Семена обрабатывались вытяжкой (1:10) в течение 24 ч. Экспозиция проростков в солевых растворах составляла 24 ч. Количественное определение хл *a*, хл *b*, хл *a* + хл *b*, каротиноидов в ацетоновой вытяжке проводили по стандартной методике.

Выявлено, что проростки ржи данного сорта являются достаточно чувствительными к действию NaCl: присутствие в среде выращивания соли в концентрациях 5, 50, 150, 200 мМ приводило к уменьшению содержания фотосинтетических пигментов (ФСП), 1 мМ NaCl оказывал стимулирующее действие на фотосинтетический аппарат. Предобработка семян вытяжкой способствовала повышению содержания ФСП во всех проростках. Особенно выраженное протекторное действие вытяжки выявлено при сильном засолении ($\geq$ 150 мМ NaCl). При этом максимальное защитное действие вытяжка оказывала при действии 200 мМ NaCl: содержание ФСП увеличивалось в среднем в 1,5 раза. Таким образом, можно заключить, что предобработка семян озимой ржи вытяжкой из листьев *Polyscias filicifolia* L. способствует повышению устойчивости проростков данной сельскохозяйственной культуры к последующему действию засоления.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Авальбаев А. М. *35*
Агапов А. И. *132*, *160*
Агеева М. В. *105*
Азарин К. В. *35*
Азирахмет Ж. *133*
Акимов А. И. *113*
Аксёнов-Грибанов Д. В. *40*, *69*
Акулов А. Н. *140*
Алакбарова Ш. Э. *37*
Алексеев А. А. *129*
Алексеева А. А. *155*
Алексеева В. В. *54*
Аленькина С. А. *38*
Алфимов А. В. *135*
Алшиха А. *173*
Амброс Е. В. *174*, *178*, *181*
Аникина Л. М. *88*
Антакова Ю. А. *39*
Антина Е. В. *66*
Антипов А. Д. *39*
Анфалов В. Э. *48*
Апарина В. А. *148*
Атабекова А. К. *78*
Афанасьева Л. В. *142*, *175*, *164*
Афонников Д. А. *127*
Ахиярова Г. Р. 72, 109
Ахомготов А. З. *151*
Ахунова Р. Р. *188*

Б

Бабынин Э. В. *140*, *176*
Бакулина А. В. *177*
Баранов М. О. *81*, *117*
Баранцова М. А. *178*
Барковская А. М. *39*
Батаева Ю. В. *51*
Баташева С. Н. *185*
Батукаев А. А. *179*
Батукаев М. С. *179*
Башкирова К. А. *180*
Бейсекова М. К. *108*
Белышенко А. Ю. *40*, *69*
Бельков В. И. *186*
Бербекова З. Т. *151*
Бердников Р. В. *68*
Бердникова О. С. *57*
Бережная Е. В. *41*, *49*, *82*, *96*, *187*
Бережнева З. А. *28*
Березина Е. В. *198*, *199*, *202*
Берман Д. И. *135*
Берсимбай Р. *133*
Бессолицына Е. А. *177*
Бизиков П. А. *42*, *83*
Бичурин Р. Р. *135*
Бледных О. В. *101*
Блинова А. А. *43*, *61*, А. А. *75*
Бобков С. В. *180*, *194*
Бобровских А. В. *24*
Богданова К. О. *44*
Бондар Е. И. *24*
Бондарчук С. Н. *134*
Борисенко Т. А. *73*
Боровский Г. Б. *20*, *65*, *100*, *122*
Бочарова У. И. *135*
Брагина М. К. *127*
Брилкина А. А. *198*, *199*, *202*
Бурляева М. О. *74*
Бухарина И. Л. *63*
Бушмин Д. М. *64*
Быковская И. А. *130*

В

Васильев Г. А. *127*
Васильева И. В. *118*
Васильева О. Ю. *136*
Васильева Т. И. *101*
Васильева О. Ю. *181*
Вдовенко В. С. *48*
Величко А. Ю. *181*, *137*
Величко В. В. *181*
Веракса К. С. *45*
Вознесенская Е. В. *73*
Волкова В. Д. *168*
Воронин В. И. *21*
Вышегуров С. Х. *137*

Г

Галивонджян А. Х. *29*
Галкина К. В. *79*
Гарипова М. И. *188*
Гарник Е. Ю. *95*
Генерозова И. П. *46*, *89*
Герасимов Н. Ю. *46*, *89*

Гераськин С. А. *22*
Гилеп К. А. *29*
Гильфанов И. Р. *66*
Глушенкова О. Е. *47*
Глущенков В. А. *101*
Голосов Е. В. *197*
Голощапов А. Н. *46*, Н. *89*
Голубев А. М. *48*
Гольденберг Б. Г. *174*
Гончарова А. М. *31*, *80*
Горбенко И. В. *186*
Горбылева Е. Л. *122*
Гордеева И. В. *138*
Горностай Т. Г. *49*
Горячев С. Н. *129*
Грабельных О. И. *41*, *49*, *65*, *92*, *96*, *187*, *201*
Граскова И. А. *50*, *102*
Григориади А. С. *114*, *188*
Григорян Л. Н. *51*
Грицук А. А. *134*
Гродницкая И. Д. *139*
Гурина В. В. *189*
Гурина В. В. *141*
Гуришева Д. Н. *40*, *69*
Гурьев Г. П. *52*
Гусева Г. Б. *66*

Д

Давлатова Н. К. *53*
Дегтярёв Е. А. *54*, *55*
Дегтярёва В. И. *54*
Дельгадо Л. К. *76*
Демидчик В. В. *23*, *85*
Демкина А. О. *29*
Доланбаева Г. Т. *44*
Долгов С. В. *54*, *55*
Донская М. В. *56*
Дорогина О. В. *136*
Дорофеев Н. В. *41*, *65*, *187*
Дорошков А. В. *24*
Дубовицкая В. И. *88*
Дубровная С. А. *140*
Дударева Л. В. *91*, *104*, *187*
Дуплий Н. Г. *35*
Дылгырова И. В. *175*

Е

Егорова И. Н. *141*
Емельянов Д. А. *162*
Еремеева Ю. В. *66*
Ершов В. В. *165*
Ершова А. Н. *57*
Ершова Н. М. *58*, *64*, *70*

Ж

Жаворонкова А. Е. *198*
Жадан А. Д. *59*
Жданова Г. О. *203*
Живов Д. А. *165*
Жигачева И. В. *46*, *89*, *182*
Жидков М. В. *197*

З

Забанова Н. С. *49*, *82*, *187*, *190*
Загоскина Н. В. *183*
Зайцева Е. И. *60*
Зорина С. Ю. *122*
Зубаирова У. С. *24*

И

Иванов Б. Н. *103*
Иванов Р. С. *184*, *204*
Иваченко Л. Е. *61*, *77*, *120*
Игнатов А. Н. *47*
Игнатова Л. К. *103*
Имидоева Н. А. *40*
Исламова Р. Т. *74*
Истомина Е. А. *62*
Исупова А. А. *63*
Исхакова З. И. *66*
Ишмухаметов И. Р. *185*
Ищенко А. А. *83*, *123*

К

Кабашникова Л. Ф. *129*
Кабдрахманова С. К. *44*
Кабилов М. Р. *158*
Казакова О. А. *169*
Калинина Н. О. *116*
Калугина О. В. *142*, *164*, *171*
Камарова К. А. *58*, *64*, *70*
Камионская А. М. *110*
Капустина И. С. *189*
Карпова Е. А. *136*
Катышев А. И. *65*, *122*
Каюмов А. Р. *66*, *173*
Кем К. Р. *67*
Кесслер Е. И. *99*
Кириченко К. А. *41*, *49*, *82*, *187*
Киселева А. А. *100*
Клушина Н. В. *95*
Кнорре Д. А. *25*, *79*
Кожевникова В. А. *163*
Козлова М. В. *136*

Козулёва М. А. *103*
Колесник Н. В. *57*
Колесникова Е. О. *68*
Колесова Л. А. *143*
Колупаева М. К. *40*, *69*
Комарова Т. В. *58*, *64*, *70*
Коннова С. А. *185*
Константинов Ю. М. *26*
Копытина Т. В. *123*
Коренькова О. О. *71*
Коробова А. В. *72*, *109*
Королёв К. П. *144*
Коротаева Н. Е. *65*, *100*, *122*, *186*
Корсукова А. В. *49*, *82*, *187*
Костюкова Ю. А. *105*
Котеева Н. К. *73*
Кривенко Д. А. *29*
Крикунова Н. И. *182*
Круглов Д. С. *181*
Крупович Е. С. *174*
Крутовский К. В. *27*, *106*, *159*
Крыжко А. В. *145*
Крылова Е. А. *74*
Кудоярова Г. Р. *72*, *109*, *184*, *204*
Кузнецов М. А. *146*
Кузнецова В. А. *43*, *61*, *75*
Кузнецова М. В. *188*
Кузнецова Т. Н. *188*
Кулагина А. Н. *147*
Кулешова Ю. Г. *159*
Куликов А. А. *48*
Кулуев Б. Р. *28*
Кумаргазы К. Д. *108*
Купряшина М. А. *38*
Купчинская Е. А. *163*
Купчинский А. Б. *158*
Кутукова А. С. *76*

Л

Лаврентьева С. И. *77*
Лазарева Е. А. *78*
Ланкина А. А. *30*
Лапашина А. С. *79*, *149*
Ларина Г. Е. *90*
Ласточкина О. В. *35*
Лебедев В. М. *157*
Лебедев А. Т. *197*
Лебедева М. В. *39*, *59*, *76*
Лезжов А. А. *78*
Леонова И. Н. *148*
Ли В. *98*
Ливанова А. Д. *101*
Липчанская Т. В. *189*
Лисовская С. А. *66*
Литвин А. В. *149*
Ломако И. С. *169*
Ломоватская Л. А. *31*, *80*
Луцкий Е. О. *81*, *117*
Любушкина И. В. *41*, *49*, *82*, *187*, *190*

М

Макарова Л. Е. *42*, *83*, *123*
Максимова Л. А. *84*
Мальчиков П. Н. *148*
Маляровская В. И. *150*
Маркова О. В. *79*
Маркова Ю. А. *29*, *156*
Мартынов В. В. *59*
Марчук С. С. *85*
Маторин Д. Н. *129*
Мацкевич В. С. *85*
Медведев С. С. *30*, *110*
Метальников П. С. *197*
Минчева Е. В. *158*
Мирзозода К. А. *86*
Миронова А. П. *87*
Мирошниченко Д. Н. *54*, *55*
Мирская Г. В. *88*
Михеева Е. И. *191*, *192*
Мишко А. Е. *117*
Моллаева М. З. *151*
Моргунова М. М. *40*
Моргунова М. М. *69*
Мориц А. С. *95*
Морозов С. Ю. *78*
Морозова Т. И. *21*, *152*
Мусин Х. Г. *28*
Мясникова М. Г. *148*

Н

Набиева А. Ю. *153*
Надеева Е. М. *103*
Назаров А. М. *204*
Неврова О. В. *46*, *89*
Некляев С. Э. *90*
Нелюбина П. Е. *154*
Немтарев А. В. *173*
Нечаева Т. Л. *183*
Нигматзянов Р. А. *155*
Никаноркина В. В. *76*
Никитина Л. Е. *66*
Николаева В. Н. *44*
Новикова С. В. *27*
Носков Е. А. *193*

Носкова М. А. *193*
Носкова Н. Е. *193*
Нохсоров В. В. *91*, *97*
Нурминская Ю. В. *156*
Нурминский В. Н. *92*
Нуров У. Дж. *128*

О

Одинцова Т. И. *62*, *200*
Озолина Н. В. *189*
Окулова Е. С. *162*
Оленников Д. Н. *205*
Онучина У. И. *194*
Орешкова Н. В. *27*
Орлова Е. А. *148*
Осипова Л. В. *130*
Осипова С. В. *93*, *94*, *98*
Осколков В. А. *21*

П

Павличенко В. В. *154*, *195*
Павлюк Н. А. *152*
Панова Г. Г. *88*
Пермяков А. В. *93*, *94*, *98*
Пермякова М. Д. *93*, *94*, *98*
Перфильева А. И. *50*, *95*
Пиголев А. В. *54*, *55*
Пискарев В. В. *148*
Пищик В. Н. *88*
Платова Н. Г. *157*
Плотников А. А. *35*
Пнев А. Д. *127*
Побежимова Т. П. *49*, *187*, *190*
Поляков Д. Д. *47*
Полякова Е. А. *41*, *49*, *82*, *96*, *190*
Полякова М. С. *158*, *190*
Поморцев А. В. *65*, *82*, *93*, *94*, *122*, *190*
Пономарев А. Г. *118*
Пономарева С. В. *68*
Прадедова Е. В. *142*
Протопопов Ф. Ф. *97*
Протопопова М. В. *154*, *195*
Прохоренко Н. Б. *173*
Пушин А. С. *54*
Пшегусов Р. Х. *151*
Пшеничникова Т. А. *93*, *94*, *98*
Пятина С. А. *99*
Пятрикас Д. В. *122*, *186*
Пятрикас Д. В. *65*

Р

Раджабзода С. И. *128*
Ражина О. Л. *39*
Разгонова М. П. *75*
Разуваева А. В. *100*
Рекославская Н. И. *31*, *42*, *196*
Роденко Н. А. *101*
Романова И. М. *50*, *102*
Руденко Н. Н. *103*
Рудиковская Е. Г. *94*, *104*
Рудиковский А. В. *104*
Румянцева Н. И. *105*
Румянцева Н. И. *176*
Рупперт М. Ю. *103*
Рупышев Ю. А. *175*
Рыжова Л. В. *140*
Рылькова О. А. *113*
Рябинина З. Н. *106*, *159*
Рябухина М. В. *106*, *159*

С

Саблирова Ю. М. *151*
Савельева О. К. *160*
Савченко Т. В. *32*, *54*, *55*
Савчук Н. В. *117*
Сазонова О. В. *107*
Салина Е. А. *100*, *127*
Самарская В. О. *60*, *116*
Саратовских Е. А. *197*
Сату А. С. *108*
Сафина Р. Р. *66*
Сафронова И. Е. *161*
Севостьянова А. О. *72*, *109*
Сёмин А. А. *198*
Сенашова В. А. *139*
Сергеева В. Д. *199*, *202*
Сергеева Ю. Д. *168*
Серебрюхова А. К. *175*
Серёгина К. К. *39*
Сизых А. П. *21*
Симоненкова С. А. *64*
Симонов А. В. *98*
Сколотнева Е. С. *127*, *148*
Слезина М. П. *200*
Смирнов В. С. *197*
Смирнова О. Г. *98*
Смоленцев Б. А. *153*
Смоликова Г. Н. *30*, *110*
Смольникова Я. В. *193*
Собиржонов Д. Б. У. *144*
Соболев А. Н. *111*
Соболева Г. В. *111*
Содикзода М. С. *112*
Соколова Е. А. *59*

Сокорнова С. В. *162*
Соловьев А. Г. *78*
Соловьева М. И. *143*
Соломонова Е. С. *113*
Сотникова Ю. М. *114*
Софронова В. Е. *97*, *115*
Спеченкова Н. А. *116*
Спиридонова Е. В. *189*
Ставицкая З. О. *104*
Степанов А. В. *201*, *163*
Степанова Н. В. *110*
Стрекаловская Е. И. *95*
Строкина А. А. *142*, *164*
Стутко О. В. *193*
Сундырева М. А. *117*
Сундырева М. А. *81*
Сунь Ц. *169*
Супырев А. В. *197*
Сутормин Д. А. *29*
Сухарева Т. А. *165*
Сухов Б. Г. *50*
Сухова А. А. *199*, *202*

Т

Тальянский М. Э. *116*
Тамаровский Д. С. *202*
Таранов В. В. *39*, *59*, *76*
Тарасенко В. И. *26*
Тарасенко Т. А. *26*
Татаринова Т. Д. *91*, *118*
Терёхина Л. Д. *166*
Терехова В. А. *168*
Тимергалин М. Д. *184*, *204*
Тимофеева О. А. *140*, *163*, *173*
Титов А. Ф. *119*, *125*
Тихомиров А. А. *167*
Тихомирова Н. А. *167*
Тодоренко Д. А. *129*
Толочек Р. В. *157*
Третьякова А. В. *31*, *196*
Трифонова М. А. *61*
Трофимцова И. А. *120*
Тупикин А. Е. *158*
Тюрин М. В. *174*

У

Удалова О. Р. *88*
Уколова И. В. *121*
Усатов А. В. *36*
Устинов В. А. *198*
Ушакова С. А. *167*

Ф

Фархутдинов Р. Г. *114*, *188*
Федосеева Е. В. *168*
Федосеева И. В. *65*, *122*
Федотова О. А. *49*, *65*, *96*
Федяева А. В. *100*
Фенюк Б. А. *79*, *149*
Филинова Н. В. *123*
Фотев Ю. В. *169*

Х

Хадеева Е. Р. *29*
Хамидзода Х. Н. *86*, *124*, *128*
Хамрабаева З. М. *53*, *112*
Ханипова В. А. *193*
Хейнлайн М. *78*
Хлесткина Е. К. *74*
Хомяков Ю. В. *88*
Храмова Е. П. *136*
Хуснетдинова Л. З. *140*

Ц

Цатурян Г. А. *150*
Цуканова О. Э. *139*
Цыганов В. Е. *33*

Ч

Чахеева Т. В. *148*
Чергинцев Д. А. *78*
Черняк А. В. *197*
Чеснокова А. Н. *202*
Четвериков С. П. *184*, *204*
Чирикова Н. К. *205*

Ш

Шаманова С. И. *92*
Шарафутдинова А. О. *153*
Шаров В. В. *27*
Шафикова Т. Н. *84*
Швецова Н. А. *154*
Шеленга Т. В. *74*
Шергина А. В. *170*
Шергина О. В. *141*, *171*
Шешукова Е. В. *58*, *64*, *70*
Шибаева Т. Г. *119*, *125*
Шибанов Д. В. *88*
Шигарова А. М. *122*
Шилкина Е. А. *161*
Шмаков В. Н. *186*
Шниттлер М. *133*
Шоман Н. Ю. *113*
Шуплецова О. Н. *126*

Шуршаков В. А. *157*

Щ

Щепин О. *133*
Щербань А. Б. *127*

Э

Эмомализода С. Э. *128*
Эмрез А. А. *206*

Ю

Юлдошев Х. *86*
Юрченко Е. Г. *117*

Я

Яковец О. Г. *45*, *85*, *206*
Яковлева О. В. *129*
Яковлева О. С. *130*
Якубова М. М. *53*, *86*, *112*, *124*
Ямалеева А. А. *188*
Яруллин Р. Н. *197*

Климатические камеры постоянных условий HHS на элементах Пельтье
Тепло-Холод-Освещение-Влажность

Haier Biomedical
Intelligent Protection of Life Science

Соответствуют стандартам ICH (Q1A, Q1B)

ДИА•М
современная лаборатория

Климатические камеры постоянных условий серии HHS, Haier Biomedical – высокотехнологичные устройства для создания и поддержания стабильных климатических параметров, температуры, освещения и влажности, в течение заданного времени **в соответствии с директивой ICH**. Камеры находят широкое применение в области тестирования на стабильность лекарственных и косметических средств, упаковочных материалов, культивирования тканей растений и животных, определении сроков годности продуктов питания, тестирование на старение электронных компонентов.

- Диапазон температур, ℃ — от +5 до +70 (±0,1);
- влажность, %RH — 10…90 (±0,1);
- высокоточные датчики температуры PT 1000 и влажности;
- у моделей с освещением **HHS light** световые кассеты с источником освещения по нормам **ICH** УФ-А в диапазоне 320-400 нм и видимой области спектра с измерением интенсивности освещения с помощью датчиков (опция):
- интеллектуальная система подачи воды и керамический высокотемпературный нагревательный элемент с постоянным контролем.
- объем камеры — 256, 506 или 756.







10 дюймовый сенсорный LCD дисплей, удобный в использовании. Алгоритм работы ПИД регулятора обеспечивает точность контроля температуры.



*Система контроля и управления доступом, соответствующая критериям **FDA PART 11 Cancel Save***



Программируемый режим, без лимита количества настроек. Возможность создания программ настройки температуры и влажности с бесконечным числом сегментов для покрытия любых задач пользователя

ДИА•М
современная лаборатория

Диаэм, Москва ▪ ул. Магаданская, д. 7, к. 3 ▪ тел./факс: 8 (800) 234-0508 ▪ sales@dia-m.ru

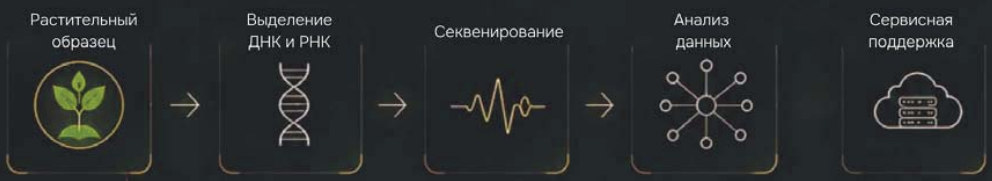
С.-Петербург spb@dia-m.ru
Новосибирск nsk@dia-m.ru
Воронеж vrn@dia-m.ru
Йошкар-Ола nba@dia-m.ru
Красноярск krsk@dia-m.ru
Казань kazan@dia-m.ru
Ростов-на-Дону rnd@dia-m.ru
Екатеринбург ekb@dia-m.ru
Кемерово kemerovo@dia-m.ru
Нижний Новгород nnovgorod@dia-m.ru

мобильное приложение

www.dia-m.ru

Полный цикл генетического анализа: от выделения нуклеиновых кислот до мультиомики







SkyGen — дистрибьютор решений для клеточной и молекулярной биологии, генетики и молекулярной диагностики.

С 2012 года мы помогаем лабораториям научно-исследовательских институтов, агробиологических центров и университетов решать конкретные научные и прикладные задачи в области биотехнологии, селекции, генетики растений и микроорганизмов.

Мы не просто поставляем — мы обеспечиваем работоспособность и научный результат.
Это позволяет:
- Сократить время на подбор и интеграцию оборудования и реагентов
- Минимизировать риски несовместимости
- Получать оперативную экспертную помощь на всех этапах исследований.

SkyGen

Научная поддержка: science@skygen.com
Отдел заказов: sales@skygen.com

Научное издание

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ФАКТОРАМ СРЕДЫ

Тезисы докладов
VII Всероссийской научной конференции с международным участием,
посвященной 65-летию СИФИБР СО РАН
Иркутск, Листвянка, 5–10 июля 2026 г.

ISBN 978-5-9624-2498-9

Материалы публикуются в авторской редакции
Дизайн обложки О. В. Шергина, фото Н. В. Дорофеева

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Сибирский институт физиологии и биохимии растений
Сибирского отделения Российской академии наук
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 132

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Иркутский государственный университет»
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1; тел. +7 (3952) 51-19-00
Издательство ИГУ, 664082, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 124
тел. +7 (3952) 52-18-53; e-mail: izdat@lawinstitut.ru

Подписано к использованию 03.07.2026
Тираж 13 экз. Объем 3,8 Мб.

Тип компьютера, процессор, частота:	32-разрядный процессор, 1 ГГц или выше
Оперативная память (RAM):	256 МБ
Необходимо на винчестере:	320 МБ
Операционные системы:	ОС Microsoft® Windows® XP, 7, 8 или ОС Mac OS X
Видеосистема:	Разрешение экрана 1024×768
Акустическая система:	Не требуется
Дополнительное оборудование:	Не требуется
Дополнительные программные средства:	Adobe Reader 6 или выше