

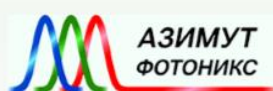


Министерство науки и высшего образования РФ
 Уфимский Федеральный исследовательский центр РАН
 Уфимский институт биологии УФИЦ РАН
 Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН
 Академия наук Республики Башкортостан
 Евразийский научно-образовательный центр
 Уфимское отделение общества физиологов растений России



ЭКОБИОТЕХ — 2025

Материалы VIII Всероссийской конференции
 с международным участием



Уфа 2025

УДК 57:574:60
ББК 20.1:28.080:28.087
Э 40

Экобиотех-2025. Материалы VIII Всероссийской конференции с международным участием, г. Уфа 1-4 октября 2025 г. Электрон. текст. данные (1 файл: 2,84 Мб). – Уфа: УИБ УФИЦ РАН, 2025. 183 с. – Систем. требования: Adobe Reader. – Режим доступа: <http://ufaras.ru/wp-content/uploads/2025/10/ecobiotech-2025.pdf>. DOI: 10.31163/978-5-6047532-2-4, EDN: YCJCTL

ISBN 978-5-6047532-2-4

Всероссийская конференция с международным участием «Экобиотех» проводится на базе Уфимского Института биологии с 2009 года. Она всегда пользовалась популярностью среди ученых нашей страны и зарубежных участников благодаря высокому уровню докладов, актуальности рассматриваемых вопросов и широкой области обсуждаемых проблем.

Тематика представленных в этом сборнике докладов посвящена рассмотрению фундаментальных и прикладных научных исследований по экологии и генетике микроорганизмов природных и техногенных сообществ; сельскохозяйственной и экологической биотехнологии растений и микроорганизмов; устойчивости растений к действию различных факторов окружающей среды; биологическому разнообразию и динамике растительности в условиях влияния антропогенных и климатических факторов; вопросам дендрэкологии, лесоведения и лесовосстановления; экологическим проблемам почвоведения; использованию ГИС-технологий в экологических исследованиях.

Всю ответственность за достоверность предоставленных в сборнике материалов несут авторы соответствующих статей. Статьи публикуются без корректуры с сохранением авторской орфографии и пунктуации. Иллюстрации предоставлены авторами статей.

ISBN 978-5-6047532-2-4



© Оформление: УИБ УФИЦ РАН, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

АНАЛИЗ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ К ЗАСУХЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ПШЕНИЦЫ Авальбаев А.М., Юлдашев Р.А., Сулейманов А.Ф., Кузнецов К.М., Аллагулова Ч.Р., Ласточкина О.В.	17
ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА ФЕНОФОРМ НА СОСТАВ И ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ МОЩНОСТЬ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА Алешкевич И.И., Глушень Е.М.	18
НО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ЗАЩИТНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ Аллагулова Ч.Р., Юлдашев Р.А., Лубянова А.Р., Авальбаев А.М.	19
ВЛИЯНИЕ БИОРЕГУЛЯТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ КАРОТИНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ <i>HUMULUS LUPULUS</i> L. Аль Хуссейн Д., Мостякова А.А., Тимофеева О.А.	20
ВЛИЯНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА НА СОДЕРЖАНИЕ ОСМОЛИТОВ В КЛЕТКАХ ПРОРОСТКОВ РАПСА ОЗИМОГО Ананьина Л.Н., Горбунов А.А., Старцева А.В.	21
СОЗДАНИЕ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ ЭКСТРАКТОВ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ХВОЙНЫХ Андреева Е.М., Стеценко С.К., Терехов Г.Г.	22
СВЯЗЬ ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМА С МЕЖГОДОВОЙ ДИНАМИКОЙ МЕТАБОЛОМА <i>NUPHAR LUTEA</i> (L.) SM. (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА КУЗНЕЧНОЕ, ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.) Аникина В.В.	23
ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ДИКОРАСТУЩИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ФЛОРЫ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ Афанасьева Л.В., Рупышев Ю.А., Дылгырова И.В., Серебряхова А.К.	24
ВЫЯВЛЕНИЕ ЛИПИД-ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ БЕЛКОВ ВО ФЛОЭМНОМ ЭКССУДАТЕ РАСТЕНИЙ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ Ахиярова Г.Р., Вафина Г.Х., Финкина Е.И., Кудоярова Г.Р.	25
К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТУГАЙНЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА Ахмедова Н.	26
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В МЕСТООБИТАНИЯХ ЭКОТОННЫХ СОСНОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА Ахметова М.Р., Федоров Н.И., Гимазетдинов В.Д.	27
ВЛИЯНИЕ ГОРМОНПРОДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ <i>BACILLUS SUBTILIS</i> IB-22 И <i>PSEUDOMONAS MANDELII</i> IB-Ki14 НА РОСТ, ВОДНЫЙ ОБМЕН И УРОВЕНЬ РІР2 АКВАПОРИНОВ В КОРНЯХ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ Ахтямова З.А., Архипова Т.Н., Мартыненко Е.В., Шарипова Г.В.	28

ПОЛНОГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ШТАММА <i>STREPTOMYCES CARPATICUS</i> SCPM-O-B-9993 - ПЕРСПЕКТИВНОГО ФИТОСТИМУЛЯТОРА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ	29
Батаева Ю.В., Русаков А.В., Батаева А.Д., Григорян Л.Н.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПРИ РАЗМНОЖЕНИИ ВИНОГРАДА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	30
Батукаев А.А., Куркиев К.У., Батукаев М.С.	
КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ	31
Батукаев А.А., Асхабов Б.Х., Баташов Т.А.	
АБОРИГЕННЫЕ ШТАММЫ ЧЕРНОЗЕМОВ-АНТАГОНИСТЫ ФИТОПАТОГЕНОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ	32
Безлер Н.В., Санеева Ю.Н., Федорова О.А.	
ИЗМЕНЕНИЯ В АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЕ ПОБЕГОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОЙ ЗАСУХИ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН РАЗЛИЧНЫМИ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ	33
Бережнева З.А., Мусин Х.Г., Березин А.А., Кулуев Б.Р.	
РАЗРАБОТКА ИММУНОАНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ГЕРБИЦИДА АЦЕТОХЛОРА В ПОЧВАХ С АПРОБАЦИЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ПРОБ	34
Берлина А.Н., Федорова Т.В., Жердев А.В., Дзантиев Б.Б.	
КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫЕ ПРОКАРИОТЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ	35
Биджиева С.Х., Турова Т.П., Соколова Д.Ш., Семенова Е.М., Круглова А.А., Майорова Т.А., Марданов А.В., Назина Т.Н.	
АСПЕКТЫ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ БИОСУРФАКТАНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО НОСИТЕЛЯ	36
Бикташева Л.Р., Ляпина М.А., Гордеев А.С.	
РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДРАЙВЕРОВ В ДИНАМИКЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ СУБАРКТИКИ	37
Бондарев А.И., Липка О.Н., Алейников А.А., Андреева А.П., Крыленко С.В.	
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ВЫРУБОК	38
Бондаренко Н.Н.*, Кызыюрова Е.В., Новаковский А.Б.	
ФЕНОМИКА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ ФИТОБИОМА	39
Бурсаков С.А.	
СВЯЗЫВАНИЕ АБСЦИЗОЙ КИСЛОТЫ ЛИПИД-ТРАНСПОРТИРУЮЩИМИ БЕЛКАМИ ГОРОХА <i>IN VIVO</i>	40
Вафина Г.Х., Ахиярова Г.Р., Коробова А.В., Финкина Е.И., Кудоярова Г.Р.	

ВКЛАД АЛКИЛРЕЗОРЦИНОВ НА СТИМУЛИРУЮЩИЕ РОСТ РАСТЕНИЙ СВОЙСТВА ПОЧВЕННЫХ ШТАММОВ ПСЕВДОМОНАД	41
Вершинина З.Р., Чубукова О.В., Хакимова Л.Р., Лавина А.М., Бигалеева А.Ш., Матниязов Р.Т., Садыкова Р.М.	
ЭНДОФИТНЫЕ БАКТЕРИИ <i>BACILLUS</i> SPP. РЕГУЛИРУЮТ РАБОТУ ПРО- /АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ ТОМАТОВ (<i>SOLANUM</i> <i>LYCOPERSICUM</i> L.) ПРИ ИНДУКЦИИ УСТОЙЧИВОСТИ К ВИРУСАМ	42
Веселова С.В., Сорокань А.В., Румянцев С.Д., Максимов И.В.	
РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОВРЕЖДЕНИИ ФРЕСОК СОФИЙСКОГО СОБОРА ВОЛОГОДСКОГО КРЕМЛЯ	43
Власов А.Д., Зеленская М.С., Власов Д.Ю.	
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ПОВРЕЖДЕНИИ ПАМЯТНИКОВ НАСКАЛЬНОГО ИСКУССТВА	44
Власов Д.Ю., Панова Е.Г., Лобанова Н.В.	
ВКЛАД ПРОФЕССОРА В.Н. ЖОЛКЕВИЧА В МИРОВУЮ НАУКУ: ЗАГАДОЧНЫЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕНОСА ВОДЫ В РАСТЕНИЯХ	45
Волков В.С.	
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ КРУПНОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ АГРОМЕЛИОРАНТОВ	46
Габбасова И.М., Гарипов Т.Т., Комиссаров М.А., Сулейманов Р.Р., Сидорова Л.В.	
ВЛИЯНИЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ СИСТЕМЫ РНК- ИНТЕРФЕРЕНЦИИ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ИНФИЦИРОВАНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕМ ФИТОФТОРОЗА	47
Габдрахманова В.Ф., Сорокань А.В., Максимов И.В.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ГИДРОПОННЫХ СИСТЕМАХ	48
Гайсина Л.А., Муфазалова А.С., Хиляжетдинова Л.Б., Ухаткина К.Б., Ван Эрпп И.И., Махмутов А.Р., Сущенко Р.З., Ренганатхан П., Назаров Д.К., Гайсина К.Р., Суханова Н.В.	
ОЦЕНКА СТИМУЛИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ШТАММОВ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОГУРЦА ПОСЕВНОГО НА ГИДРОПОНИКЕ	49
Гайсина Л.А., Муфазалова А.С., Хиляжетдинова Л.Б., Ухаткина К.Б., Ван-Эрпп И.И., Махмутов А.Р., Сущенко Р.З., Ренганатхан П., Назаров Д.К., Гайсина К.Р., Суханова Н.В.	
БИОТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРΟΣЛЕЙ: ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД НА СОДЕРЖАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ МЕТАБОЛИТОВ В БИОМАССЕ	50
Галиева Г.Ш., Хлебова Д.Л., Эль-Равас М.А., Галицкая П.Ю., Селивановская С.Ю.	
АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОГО ОБМЕНА ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ И ХВОИ СОСНЫ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ	51
Галимов Р.Р., Уразбахтин А.А., Уразгильдин Р.В.	

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕПАРАТОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ НА ОСНОВЕ ГУМАТНЫХ ГЕЛЕЙ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ ХРАНЕНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ Галуза О.А., Коротков Н.А., Николаев Ю.А.	52
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РИЗОСФЕРНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ Гальперина А.Р., Сопрунова О.Б.	53
ОЦЕНКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО САМООЧИЩЕНИЯ НА НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН Гаршин М.В., Сулейманов Р.Р.	54
ЖЕЛЕЗОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕ БАКТЕРИИ СЕМЯН САЛАТА <i>LACTUCA SATIVA</i> L. Гасиева З.А., Кулешова Т.Э., Галушко А.С.	55
ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОБИОЦЕНОЗА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ СЕРО-БУРЫХ ПОЧВ АПШЕРОНА Гасимова А.С.	56
АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В ДРЕВЕСИНЕ СОСНЫ (<i>PINUS SYLVESTRIS</i> L.) И БЕРЕЗЫ (<i>BETULA PENDULA</i> ROTH.) НА ЗАЛЕЖАХ, ЗАРАСТАЮЩИХ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН Гимазетдинов В.Д., Туктамышев И.Р.	57
РОЛЬ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КАК ИНСТРУМЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА Глушень Е.М.	58
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ САЖЕНЦЕВ СМОРОДИНЫ ЗОЛОТИСТОЙ (<i>RIBES AUREUM</i> PURSH.) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН Головина Л.А., Горбачёва О.В.	59
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБНЫХ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НЕФТЕДОБЫЧИ НА МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ Гордеев А.С., Кириченко А.А., Бикташева Л.Р.	60
О ЯВЛЕНИИ ИНВЕРСИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ Горичев Ю.П.	61
ПУТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОЙ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ТЕХНОЛАНДШАФТАХ ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ Гулиева Л.А., Наджафова С.И.	62
ВЛИЯНИЕ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ РОДА <i>AZOSPIRILLUM</i> НА ПШЕНИЦУ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕСТИЦИДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ Гуреева М.В., Крюкова В.А., Еремина А.А., Трандина В.А., Гуреев А.П.	63

«BioOxOil»™ – БИОПРЕПАРАТ-НЕФТЕДЕСТРУКТОР ДЛЯ УСЛОВИЙ АРИДНОГО КЛИМАТА И НИЗКИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР Давлетшин Т.К., Назаров А.М., Четвериков С.П.	64
РАЗНООБРАЗИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ – СКРИНИНГ ШТАММОВ И РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В РЕМЕДИАЦИИ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ Давыдов Д.А., Вильнет А.А.	65
ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНОЙ АССОЦИАЦИИ НА ОСМОТИЧЕСКИЙ СТРЕСС Денисова А.Ю., Ткаченко О.В., Бурыгин Г.Л., Евсеева Н.В.	66
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВЫСОКОГОРНЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ТАДЖИКИСТАНЕ Джураева М.М., Биркеланд Н.-К., Бободжонова Х. И.	67
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ АНТРОПОГЕННО-ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ КАРЕЛИИ Дубина-Чехович Е.В., Бахмет О.Н.	68
ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ФОТОСИНТЕЗА ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ Евлаков П.М., Рыжкова В.С., Жужукин К.В.	69
ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНОГО ОТВЕТА КОРНЕЙ ГОРОХА К ПОЧВЕННЫМ ПАТОГЕНАМ Егорова А.М.	70
ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ ШТАММОВ РОДА <i>RHODOCOCUS</i> , ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ИХ ПХБ-ДЕГРАДАТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ Егорова Д.О.	71
СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К ДЕФИЦИТУ КИСЛОРОДА И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РЕОКСИГЕНАЦИИ Емельянов В.В.	72
СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ СОИ РАЗНЫХ СОРТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ФИТОГОРМОНАМИ КИНЕТИНОМ И 24-ЭПИБРАССИНОЛИДОМ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ АЭРАЦИИ Ершова А.Н., Возгорькова Е.О.	73
РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ ХЛОРФЕНОКСИУКСУСНЫХ КИСЛОТ ПОЧВ ПРОМЫШЛЕННЫХ БИОЦЕНОЗОВ Г. УФЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН Жарикова Н.В., Анисимова Л.Г.	74
ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН Желтухин А.В., Тимофеева О.А.	75

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДВУХ РЕДКИХ ВИДОВ РОДА <i>HEDYSARUM</i> Жигунова С.Н., Федоров Н.И.	76
ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА МОРФОГЕНЕЗ <i>IN VITRO</i> ДРАЦЕНЫ ОКАЙМЛЁННОЙ 'BICOLOR' Зарипова А.А.	77
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОИДНОСТИ РАСТЕНИЙ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В КУЛЬТУРЕ НЕОПЫЛЕННЫХ СЕМЯПОЧЕК <i>IN VITRO</i> Заячковская Т.В., Домблидес Е.А., Фомичева М.Г., Ермолаев А.С.	78
БИОРЕМЕДИАЦИЯ И МОНИТОРИНГ ДЕТОКСИКАЦИИ СЕЛЕНОВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ БАКТЕРИЯМИ Зеньков А.В., Кудряшева Н.С.	79
ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОГЕННЫХ И НЕМОРФОГЕННЫХ КАЛЛУСОВ ЛАВАНДЫ УЗКОЛИСТНОЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ <i>IN VITRO</i> Зинатуллина А.Е., Круглова Н.Н., Егорова Н.А.	80
РОЛЬ ТРАНСПОРТА ЦИТОКИНИНОВ ИЗ КОРНЕЙ В ДЕЙСТВИИ ЛОКАЛЬНОГО МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ВОДНЫЙ ОБМЕН Иванов И.И.	81
МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ГУМАТОВ, РИЗОБАКТЕРИЙ И ИХ СОЧЕТАНИЯ НА ОБРАЗОВАНИЕ КОРНЕЙ У ЧЕРЕНКОВ ТОПОЛЯ ЧЕРНОГО (<i>PÓPULUS NÍGRA</i> L.) Иванов Р.С., Тимергалин М.Д., Нужная Т.В., Уразгильдин Р.В.	82
АНАЛИЗ ФЛОРЫ ЧЕРНООЛЬХОВЫХ ЛЕСОВ БОЛОТА СЕРИККУЛЬ (БАШКИРСКОЕ ЗАУРАЛЬЕ) Ишбулатов М.К., Мулдашев А.А., Баишева Э.З.	83
АНАТОМИЧЕСКАЯ И БИОХИМИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ХВОЙНЫХ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ХРОНИЧЕСКОГО ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ Калугина О.В., Афанасьева Л.В.	84
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ГИБРИДОВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ Камова А.И.	85
ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ БОЛОТАХ Капелькина Л.П.	86
СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА МЕЛАФЕНА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ (МЕДИ И МАРГАНЦА) НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ Кириллова И.Г.	87
ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ШТАММОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ПХБ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ ЭКОНИШ С ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ Кириянова Т.Д., Королев Н.А., Егорова Д.О.	88

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭТИЛЕНА И АУКСИНА В РЕГУЛЯЦИИ РОСТА КОРНЕЙ АРАБИДОПСИСА В ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ И ПОД ВЛИЯНИЕМ НАТРИЙ-ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ Коробова А.В., Севостьянова А.О., Ахиярова Г.Р.	89
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОСТА ФИТОМАССЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В ЭКОТОНЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ ЗА ПЕРИОД 2018–2023 ГОДЫ Костоусова Е.А., Михайлович А.П., Фомин В.В., Агапитов Е.М., Рогачёв В.Е., Переходова Е.С., Коритняк Е.Б., Голиков Д.Ю.	90
ВЛИЯНИЕ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО СВЕТА НА РОСТ И СОДЕРЖАНИЕ ЦЕННЫХ МЕТАБОЛИТОВ В БИОМАССЕ ПОЧВЕННОГО ШТАММА <i>CHLOROCOCCUM OLEOFACIENS</i> Кочубей А.В., Яковийчук А.В., Шелудько Э.Р., Черкашина С.В.	91
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ТЕРЕФТАЛАТОВ Кочукова Е.А., Кузьмицкая А.А., Калёнов С.В.	92
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЙ ПШЕНИЦЫ НА РАННЕМ ЭТАПЕ ОНТОГЕНЕЗА Круглова Н.Н.	93
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШТАММА <i>BACILLUS SUBTILIS</i> ЗН НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У РАСТЕНИЙ <i>SOLANUM TUBEROSUM</i> Кузнецова М.В., Федяев В.В., Коряков И.С., Фархутдинов Р.Г.	94
ОКСАЛОТРОФНОСТЬ ЭНДОФИТНЫХ ШТАММОВ <i>BACILLUS SUBTILIS</i> , ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАСТЕНИЙ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ Кутлубаев А.А., Хайруллин Р.М.	95
ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ БИОПЛЕНОК ПОЧВЕННЫХ ПСЕВДОМОНАД Лавина А.М., Чубукова О.В., Хакимова Л.Р., Вершинина З.Р., Матниязов Р.Т.	96
ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ДИКЛОФЕНАКА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Лаврухина О.И., Некрасов Д.Ю., Щербаков А.В., Богданова А.П., Третьяков А.В.	97
ЗАЩИТНЫЕ РЕАКЦИИ В РАСТЕНИЯХ С РАЗНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К БОЛЕЗНЯМ, ВЫЗЫВАЕМЫМ ФИТОПАТОГЕННЫМИ ГРИБАМИ Лебединский М.И., Шахназарова В.Ю., Вишневская Н.А., Бородин Е.В., Шапошников А.И., Струнникова О.К., Юзихин О.С., Белимов А.А.	98
ОБЛИГАТНЫЙ ПАРАЗИТ ПОДСОЛНЕЧНИКА (<i>PUCCINIA HELIANTHI</i> SCHWEIN.) И МОНИТОРИНГ ЕГО ПАТОТИПОВ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ Лепешко Е.С.	99
МОБИЛИЗАЦИЯ ФОСФОРА КЛЕТКАМИ <i>ENTEROBACTER LUDWIGII</i> ФМ 3.4.2, АДГЕЗИРОВАННЫМИ НА БИОЧАРЕ Максимова Ю.Г., Айкина В.Н., Семёнова К.Г.	100

РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛОМА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ Мальцев Е.И., Кривова З.В., Яковийчук А.В.	101
ИЗМЕНЕНИЯ В МИКРОБИОЦЕНОЗЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ КАМЕНКА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕСЕНИЯ СОРБЕНТОВ Мансурова А.Р., Егорова Д.О.	102
МЕТОДОЛОГИЯ ОТБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ <i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L. Маркова О.В., Гарипова С.Р.	103
СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ <i>GLADIOLUS TENUIS</i> В НОВЫХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯХ В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ Маслова Н.В., Мулдашев А.А., Елизарьева О.А.	104
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОТОКСИЧНОСТИ НОВОГО ГЕРБИЦИДНОГО СРЕДСТВА ПРОИЗВОДНОГО 3-ИЗОПРОПИЛХИНАЗОЛИН-4(3H)-ОН Матусевич С.В., Анисимова Л.Г.	105
РАЗВИТИЕ ПЫЛЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ Махнева С.Г.	106
АПРОБАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ СОСТАВОВ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ ИНИЦИАЦИИ КАЛЛУССОГЕНЕЗА У ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (<i>FRAGARIA</i> × <i>ANANASSA</i>) ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЭКСПЛАНТОВ Межина К.М., Тихонова Н.Г.	107
ВЛИЯНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА КИСЛОТНО-ОСНОВНУЮ БУФЕРНОСТЬ ТЁМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ Мелентьева О.А., Назырова Ф.И.	108
ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИКЛОДЕКСТРИНГЛЮКАНОТРАНСФЕРАЗ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ Мильман П.Ю., Гильванова Е.А., Рябова А.С.	109
ЭМБРИОГЕНЕЗ КАПУСТЫ ДЕКОРАТИВНОЙ (<i>BRASSICA OLERACEA</i> VAR. <i>АСЕРНАЛА</i>) В КУЛЬТУРЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ МИКРОСПОР <i>IN VITRO</i> Минейкина А.И., Домблидес Е.А., Бондарева Л.Л., Домблидес А.С.	110
ФИТОЕН-ДЕСАТУРАЗА - МОДЕЛЬНЫЙ ГЕН В БИОТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЙ Михайлова Е.В., Хуснутдинов Э.А., Хакимова Л.Р., Галимова А.А., Терехов М.П., Суфьянова З.Р., Сайфуллина К.И.	111
ОЦЕНКА ЗАПАСА УГЛЕРОДА ВОЗРАСТНЫХ ПОКОЛЕНИЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ВБЛИЗИ ВЕРХНЕГО ПРЕДЕЛА ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ Михайлович А.П., Фомин В.В., Агапитов Е.М., Рогачев В.Е.	112

- ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СНЕГА В ЭКОТОНЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ
ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ
**Михайлович А.П., Фомин В.В., Агапитов Е.М., Рогачев В.Е., Костоусова Е.А.,
Переходова Е.С., Коритняк Е.Б.** 113
- КАНЫКАЕВСКАЯ СТЕПЬ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОМПЛЕКСНЫЙ ЗАКАЗНИК В
БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ
Мулдашев А.А., Маслова Н.В., Елизарьева О.А. 114
- О ФЛОРЕ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «БОЛОТО СЕРИККУЛЬ»
(БАШКИРСКОЕ ЗАУРАЛЬЕ)
Мулдашев А.А., Ишбулатов М.К., Баишева Э.З. 115
- РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ *MICRODOCHMIUM NIVALE* К
КАРБЕНДАЗИМУ – ДЕЙСТВУЮЩЕМУ ВЕЩЕСТВУ ФУНГИЦИДОВ
**Мурзагулова Г.Ш., Гоголева О.А., Рязанов Е.А., Шатравина К.А., Тендюк Н.В.,
Сахабутдинов И.Т., Пономарев С.Н., Частухина И.Б., Макшакова О.Н.,
Пономарева М.Л., Горшков В.Ю.** 116
- БИОРАЗНООБРАЗИЕ НАЗЕМНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ГОРЫ
БОЛЬШОЙ ИРЕМЕЛЬ И ИХ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ
**Муфазалова А.С., Хилажетдинова Л.Б., Мухаметьярова А.И., Суханова Н.В.,
Гайсина Л.А.** 117
- ВЛИЯНИЕ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ В ПРИСУТСТВИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ
ПОЛЛЮТАНТОВ
**Мухаматдырова С.Р., Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Искужина М.Г.,
Кульбаева Л.А., Коршунова Т.Ю.** 118
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ *HELIANTHUS ANNUUS* L.
МЕТОДОМ ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА
Назарова Н.М., Федорова Д.Г. 119
- ФОРМИРОВАНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК НА ПОВЕРХНОСТИ
НЕФЕЛИНОВЫХ ПЕСКОВ – ОТХОДОВ ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА
Невзорова Ю.В., Давыдов Д.А. 120
- ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИЙ В КАЧЕСТВЕ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ КОНВЕРСИИ
АМИНОКИСЛОТ-ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ В ДИАМИНЫ
Нестерова Л.Ю., Ахова А.В., Сагидуллина В.И., Абрамова В.А., Ткаченко А.Г. 121
- ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ
ЗАЛЕЖНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ
ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА
Низамутдинов Т.И., Абакумов Е.В. 122
- РОЛЬ МИКРОРНК-408 В ИНДУКЦИИ СИСТЕМНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ
ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) К ПАТОГЕНУ *STAGONOSPORA NODORUM*
(BERK.)
Нужная Т.В., Веселова С.В., Бурханова Г.Ф., Максимов И.В. 123

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА <i>TRITICUM AESTIVUM</i> С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ Овчаренко Н.В., Кошиц Т.О., Прохорчик П.О., Мацкевич В.С., Муравицкая А.О., Пшибытко Н.Л., Соколик А.И.	124
ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫЕ ШТАММЫ-ДЕСТРУКТОРЫ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА Ошвинцева А.А., Пьянкова А.А., Шаравин Д.Ю., Плотникова Е.Г.	125
ОЦЕНКА ФЕНОТИПИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТОПОЛЯ ГЕНАМИ <i>HVDHN5</i> И <i>TAWCS120</i> , КОДИРУЮЩИМИ БЕЛКИ ДЕГИДРИНЫ Павличенко В.В., Протопопова М.В.	126
Cu^{2+} ПРОТЕКТОРНЫЕ СВОЙСТВА СИНТЕЗА ГЛИЦИНБЕТАИНА Платонова Е.В., Баранова Е.Н., Ралдугина Г.Н.	127
ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ И СРОКОВ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ <i>IN VITRO</i> НА РЕГЕНЕРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ <i>LONICERA CAERULEA</i> L. Поленов Т.С., Тихонова Н.Г.	128
ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ УГЛЕРОДНОГО И ВОДНОГО ОБМЕНА <i>PINUS SYLVESTRIS</i> В СПЕЛЫХ И ПЕРЕСТОЙНЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ Придача В.Б., Семин Д.Е., Фокина Е.А., Семенова Л.И., Туманик Н.В., Новичонок Е.В., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А.	129
ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВОДНЫЙ ОБМЕН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСАХ КАРЕЛИИ Придача В.Б., Семин Д.Е.	130
ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НЕМОРАЛЬНЫХ РЕЛИКТОВ ЮЖНОЙ СИБИРИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА Протопопова М.В., Павличенко В.В.	131
РАЗРАБОТКА ПРОТОКОЛА БЫСТРОЙ ЭКСТРАКЦИИ ОБЩЕГО БЕЛКА ДЛЯ ПРОТЕОМНОГО АНАЛИЗА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ МЕТОДОМ SDS-PAGE НА ПРИМЕРЕ ТОПОЛЯ БЕРЛИНСКОГО В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i> Протопопова М.В., Павличенко В.В.	132
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМЫ АТМОСФЕРНОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ПРАЙМИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ Пшибытко Н.Л., Самохина В.В., Мацкевич В.С., Гриусевич П.В., Черныш М.А., Алексеева М.И., Аксютин А.В., Логунов К.Т., Котов Д.А., Демидчик В.В.	133
ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И <i>FUSARIUM CULMORUM</i> НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ В ПРОРОСТКАХ <i>HORDEUM VULGARE</i> Пшибытко Н.Л., Вачинская А.В.	134
УСТОЙЧИВОСТЬ БАКТЕРИИ <i>NEORHIZOBIUM PHENANTHRENICLASTICUM</i> RSF11 К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ	135

- Растерковская М.В., Муратова А.Ю.**
СОЗДАНИЕ КУЛЬТУР ВОЛОСОВИДНЫХ КОРНЕЙ *STEMMACANTHA*
SERRATULOIDES (GEORGI) M. DITRICH
Рахматуллина И.Ф., Кулуев Б.Р. 136
- РИЗОБАКТЕРИИ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ – СОЧЕТАНИЕ СВОЙСТВ**
СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ И ДЕГРАДАЦИИ ПОЛЛЮТАНТОВ 137
Резникова С.С., Дубровская Е.В., Позднякова Н.Н., Муратова А.Ю.
- УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ**
Реут А.А., Бекшенева Л.Ф. 138
- СПОСОБНОСТЬ RGR-БАКТЕРИЙ ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ СОВМЕСТНО**
С МИЦЕЛИЕМ *TRICHODERMA HARZIANUM* 139
Рябова А.С., Гильванова Е.А., Галимзянова Н.Ф., Мильман П.Ю.
- ОЦЕНКА АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ *TRITICUM AESTIVUM* L. ПРИ СОЛЕВОМ**
СТРЕССЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО ФЕНОТИПИРОВАНИЯ 140
Савич А.С., Кошиц Т.О., Прохорчик П.О., Шибытко Н.Л.
- ОСОБЕННОСТИ РОСТОВОЙ И ГОРМОНАЛЬНОЙ РЕАКЦИИ**
НЕЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ К ЭТИЛЕНУ МУТАНТНЫХ РАСТЕНИЙ АРАБИДОПСИСА К
ЗАСОЛЕНИЮ 141
Севостьянова А.О., Коробова А.В.
- ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА НА РОСТ КУЛЬТУР И СОСТАВ**
ЖИРНЫХ КИСЛОТ *CHLORELLA VULGARIS* 142
Селезнева А.П., Кривова З.В., Жигарьков В.С., Мальцев Е.И.
- ВОЗОБНОВЛЕНИЕ СОСНЫ КОХА В КАРАУГОМСКОМ УЩЕЛЬЕ РСО-АЛАНИЯ**
Симоненкова В.А., Симоненков В.С., Попов К.П. 143
- ЗЕРНОВЫЕ ВИДЫ АМАРАНТА ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ В**
УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ 144
Соколова Д.В., Зарецкий А.М., Асланова А.А., Шеленга Т.В.
- ПРИРОДНЫЕ СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА В ВЫРАЩИВАНИИ ЛИСТВЕННИЦЫ**
СИБИРСКОЙ В ЛЕСНОМ ПИТОМНИКЕ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ 145
Стеценко С.К., Андреева Е.М., Терехов Г.Г.
- ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ**
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЯСКИ
МАЛОЙ (*LEMNA MINOR*) 146
Сыса А.Г., Живицкая Е.П., Кравченя Н.И.
- ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS***
***SYLVESTRIS* L.) ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ ВОЗОБНОВЛЕНИИ НА ОТВАЛАХ**
КУМЕРТАУСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА (РОССИЯ, РЕСПУБЛИКА
БАШКОРТОСТАН) 147
Тагиров А.Р.
- ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ОБОСНОВАНИИ**
МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ЗЕЛЕНых НАСАЖДЕНИЙ 148
(РОССИЯ, РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН, Г. ТУЙМАЗЫ)

Тагирова О.В. СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ И РИЗОБАКТЕРИЙ НА РОСТ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ САЖЕНЦЕВ СПИРЕИ ЯПОНСКОЙ (<i>SPIRAEA JAPONICA</i> L.F.) Тимергалин М.Д., Иванов Р.С.	149
БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ АСПАРАГИНАТА ХИТОЗАНА И ЛИГНОСУЛЬФОНАТА В КУЛЬТУРЕ ТКАНЕЙ КАРТОФЕЛЯ <i>IN VITRO</i> Ткаченко О.В., Денисова А.Ю., Каргаполова К.Ю., Позднякова Н.Н., Щербакова Е.В., Шипенко К.М., Шиповская А.Б., Луговицкая Т.Н.	150
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЭНДОСФЕРЫ КОРНЯ РАСТЕНИЙ <i>PLANTAGO SALSA</i>, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ И КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ Тугбаева А.С., Ширяев Г.И., Дарказанли М.	151
ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСНЯКОВ НА ЗАЛЕЖАХ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ Туктамышев И.Р., Гимазетдинов В.Д.	152
КАСПАЗО-ПОДОБНЫЕ ПРОТЕАЗЫ КАК ДЕТЕРМИНАНТЫ ПРОГРАММИРУЕМОЙ КЛЕТОЧНОЙ СМЕРТИ НЕСОВМЕСТИМЫХ ПЫЛЬЦЕВЫХ ТРУБОК ПРИ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ У <i>SOLANACEAE</i> Ульянов А.И., Голиванов Я.Ю., Захарова Е.В.	153
АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ХВОИ СОСНЫ И ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА Уразбахтин А.А., Галимов Р.Р., Уразгильдин Р.В.	154
ВЛИЯНИЕ КОНЬЮГАТОВ ХИТОЗАНА С ОКСИКОРИЧНЫМИ КИСЛОТАМИ И <i>BACILLUS SUBTILIS</i> 26 Д НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ Фаткуллин И.Я., Черепанова Е.А., Заикина Е.А., Сорокань А.В., Бурханова Г.Ф., Марданшин И.С., Пустовая А.Д., Яруллина Л.Г.	155
АЗОТФИКСИРУЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В АГРОЦЕНОЗЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ Федорова О.А., Санеева Ю.Н., Безлер Н.В., Мартынов М.А.	156
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАДМИЯ И СВИНЦА НА РАСТЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ Федорова Д.Г., Назарова Н.М., Гвоздикова А.М.	157
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АУКСИНПРОДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ <i>TULIPA</i> И <i>ALLIUM</i> СЕРА Феоктистова А.В., Рамсеев Т.В., Тимергалин М.Д., Четвериков С.П.	158
КЛИМАТОГЕННАЯ ДИНАМИКА И ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ВБЛИЗИ ВЕРХНЕГО ПРЕДЕЛА ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ В УСЛОВИЯХ ПРОШЛОГО И СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА Фомин В.В., Михайлович А.П., Рогачев В.В., Агапитов Е.М., Голиков Д.Ю., Черепанова О.Е., Медведева С.О.	159

ВЛИЯНИЕ КОНСТИТУТИВНОЙ ЭКСПРЕССИИ БАКТЕРИАЛЬНОГО ГЕНА ХОЛИНОКСИДАЗЫ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПЕТУНИИ Халилуев М.Р., Варламова Н.В.	160
ВЫЯВЛЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИТОСТИМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСА ГРИБНЫХ И БАКТЕРИАЛЬНО-ГРИБНЫХ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ГРИБОВ Цивилева О.М., Шатерников А.Н., Евсеева Н.В., Ткаченко О.В.	161
ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА В СОЧЕТАНИИ С БАКТЕРИЯМИ РОДА <i>BACILLUS</i> НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ И ЕГО УСТОЙЧИВОСТЬ К ФИТОФТОРОЗУ Черепанова Е.А., Яруллина Л.Г., Фаткуллин И.Я., Заикина Е.А., Марданшин И.С., Сорокань А.В.	162
БАКТЕРИИ, СПОСОБНЫЕ К СИНТЕЗУ И ДЕСТРУКЦИИ ФИТОГОРМОНОВ, В НИВЕЛИРОВАНИИ СТРЕССОВ РАСТЕНИЙ Четвериков С.П.	163
БИОСОРЕБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ БАКТЕРИАЛЬНО- ГРИБНОГО КОМПЛЕКСА В ОТНОШЕНИИ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ Шарапова И.Э.	164
ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ АПОПЛАСТНЫХ БАРЬЕРОВ У ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ ТАБАКА, ЭКСПРЕССИРУЮЩИХ ГЕН АКВАПОРИНА ЯЧМЕНЯ Шарипова Г.В.	165
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОЧВ ЕВРОПЕЙСКОЙ СУБАРКТИКИ (ВОРКУТИНСКИЙ Р-ОН, РЕСПУБЛИКА КОМИ) Шахтарова О.В., Денева С.В., Новаковский А.Б., Лаптева Е.М.	166
ИЗУЧЕНИЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЛЕСНЫХ ПОЧВ, СОХРАНИВШИХСЯ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ Шергина О.В.	167
ИЗУЧЕНИЕ МИКРОЧАСТИЦ ТВЕРДОГО АЭРОЗОЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ХВОИ И ЛИСТЬЕВ ГОРОДСКИХ ДЕРЕВЬЕВ Шергина О.В.	168
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОЗЕЛЕНИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ СВЕТО-ТЕМНОВЫХ ЦИКЛОВ Шерудило Е.Ш., Шибаева Т.Г., Рубаева А.А., Левкин И.А., Икконен Е.Н., Нилова И.А., Титов А.Ф.	169
ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИЙ СТРЕСС У РАСТЕНИЙ И ЕГО ВИДЫ Шибаева Т.Г., Титов А.Ф.	170
О ВОЗМОЖНОМ ПРИМЕНЕНИИ ЭКСТРАКТА ЛАМИНАРИИ (ОТХОДА ПЕРЕРАБОТКИ) ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОЗЕЛЕНИ РАПИНЫ И ГОРОХА Шибаева Т.Г., Шерудило, Е.Г., Рубаева А.А., Левкин И.А.	171

СТИМУЛИРОВАНИЕ РОСТА ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАКТЕРИЙ <i>SERRATIA</i> SP. В УСЛОВИЯХ ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ СРЕДЫ Ширяев Г.И., Воропаева О.В., Тугбаева А.С.	172
БИОПРЕПАРАТЫ В ОЧИСТКЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД: ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ Щемелинина Т.Н., Анчугова Е.М.	173
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ НАЛИЧИЯ ПШЕНИЧНО-РЖАНОЙ ТРАНСЛОКАЦИИ 1RS.B1 В САМЫХ ВЫСЕВАЕМЫХ СОРТАХ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ПЕРИОД 2014-2024 ГГ. Юлдашев Р.А., Авальбаев А.М., Аллагулова Ч.Р., Галимова А.А., Сулейманов А.Ф., Кузнецов К.М.	174
БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ПОЧВЕННЫХ И ПРЕСНОВОДНЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ (<i>CHLOROPHYTA</i>) ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО СВЕТА Яковийчук А.В., Мальцева И.А., Кочубей А.В., Лысова Е.А.	175
ОСОБЕННОСТИ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ <i>IN VITRO</i> У <i>CICHORIUM INTYBUS</i> СЕМЕЙСТВА <i>ASTERACEAE</i> Якупова А.Б., Глушихина Е.И., Кулуев Б.Р.	176
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА В СОЧЕТАНИИ С <i>BACILLUS SUBTILIS</i> ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЯ Яруллина Л.Г., Бурханова Г.Ф., Черепанова Е.А., Цветков В.О., Заикина Е.А., Сорокань А.В., Марданшин И.С., Фаткуллин И.Я., Пустовая А.Д., Калацкая Ж.Н.	177
СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛАЗМИД БАКТЕРИЙ РОДА <i>SERRATIA</i> Ясаков Т.Р.	178

АНАЛИЗ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ, РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ К ЗАСУХЕ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ПШЕНИЦЫ

Авальбаев А.М.*, Юлдашев Р.А., Сулейманов А.Ф., Кузнецов К.М., Аллагулова Ч.Р., Ласточкина О.В.

Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: avalbaev@yahoo.com

Разное по времени наступление засухи привело к образованию у пшеницы на территории России двух агроэкологических групп с различающимися стратегиями засухоустойчивости – степного волжского и лесостепного западносибирского, представленных в работе сортами Экада 70 (Э-70) и Салават Юлаев (СЮ). В данном исследовании провели анализ влияния засухи, моделируемой в раннем онтогенезе (7-9-сут) и в фазе трубкования (32-34-сут), на физиолого-биохимические показатели, а также элементы структуры урожая сортов СЮ и Э-70. Засуха на обоих этапах развития снизила биомассу проростков, при этом у сорта СЮ торможение роста было существенней. При засухе регистрировали снижение интенсивности транспирации, относительного содержания воды и осмотического потенциала как у 7-9-сут, так и у 32-34-сут растений, при этом для СЮ показатели водного обмена были ниже. Полученные данные указывают на большую устойчивость к засухе сорта Э-70 на обоих этапах онтогенеза. Дефицит влаги в изучаемые фазы развития приводил к повышению АБК и снижению ИУК и цитокининов, при этом более значительные сдвиги в гормональном балансе были характерны для растений СЮ. Засуха вызвала в растениях существенное усиление продукции АФК и активности антиоксидантных ферментов при обоих вариантах ее наступления. В отличие от сорта СЮ, стресс-индуцированная продукция АФК была ниже, а уровень активации антиоксидантных ферментов был выше у растений Э-70, что позволяло им успешнее справляться с последствиями засухи. Об этом свидетельствуют и более низкие показатели МДА и выхода электролитов у сорта Э-70. Ранняя засуха приводила к сопоставимому уменьшению (на 15 %) показателей продуктивности (длина колоса, число зерен в колосе, масса 1000 зерен) обоих сортов. Вместе с тем, если подвергнутые обезвоживанию в фазе трубкования растения Э-70 характеризовались уменьшением показателей урожайности на 16 %, то у сорта СЮ падение этих параметров было более существенным (на 37 %). Таким образом, растения СЮ, характерной особенностью которых является стратегия ухода от весенней засухи, были способны восстанавливаться после ранней засухи в отличие от засухи в фазе трубкования.

Ключевые слова: пшеница, экотипы, стресс, засухоустойчивость, урожайность

ANALYSIS OF DROUGHT TOLERANCE OF WHEAT AGROECOLOGICAL GROUPS DIFFERING BY ADAPTATION STRATEGIES TO DROUGHT

Avalbaev A.M.*, Yuldashev R.A., Suleymanov A.F., Kuznetsov K.M., Allagulova Ch.R., Lastochkina O.V.

Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: wheat, ecotypes, stress, drought tolerance, yield

ВЛИЯНИЕ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА ФЕНОФОРМ НА СОСТАВ И ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ МОЩНОСТЬ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА

Алешкевич И.И., Глушень Е.М.*

Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

*E-mail: gem@mbio.bas-net.by

Биопрепарат ФеноФорм предназначен для очистки сточных вод от фенола и формальдегида (ТУ ВУ 100289066.144-2018; разработчик и производитель: Институт микробиологии НАН Беларуси) и с успехом применяется на предприятиях целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей отрасли, характеризующихся сложным и непостоянным составом сточных вод. Основу препарата составляет консорциум высокоактивных микроорганизмов-деструкторов фенола и формальдегида с титром не менее $1,0 \times 10^{11}$ КОЕ/мл.

Нами изучено влияние залповых сбросов сточных вод деревообрабатывающего предприятия на биоценоз активного ила. На первых этапах после попадания токсичных соединений (3 суток) наблюдается резкое ухудшение состояния активного ила, а эффективность очистки снижается в разы. Отмечается резкое снижение видового разнообразия. Количество индикаторных групп снижается до 1-4 представителей. Среди коловраток отмечаются лишь представители *Rotaria* как наиболее устойчивые к изменениям условий среды. Отмечается многочисленное формирование цист у инфузорий, представленных в основном перетрихами (*Peritricha*) рода *Vorticella*. Раковинные амёбы представлены в основном планктонными корненожками, не привязанными к хлопку активного ила. Происходит уменьшение флоккулообразующих бактерий, количество которых сокращается не менее чем в 10 раз по сравнению с бактериями вне хлопьев. Хлопья становятся диспергированными, имеют мелкие размеры, размытые границы и малую плотность, связанные между собой множеством нитчатых микроорганизмов, занимающих доминирующее положение в биоценозе ила. Внесение препарата ФеноФорм не только увеличивает эффективность очистки сточных вод, но и способствует восстановлению его биоценоза. Значительно снижается концентрация нитчатых микроорганизмов, отмечается достаточное количество свободноплавающих инфузорий, раковинных амёб и коловраток. Количество микроорганизмов-деструкторов, способных осуществлять деструкцию фенола и формальдегида, увеличивается минимум на 3 порядка в течение 4-7 суток. Под влиянием препарата происходит увеличение разнообразия и равномерное распределение между организмами индикаторных групп, количество которых в течение месяца возрастает в 2-3 раза. Дегидрогеназная активность, как показатель окислительной способности активного ила, увеличивается в среднем на 15%.

Применение микробного препарата ФеноФорм на очистных сооружениях целлюлозно-бумажных предприятий позволяет быстро восстановить биоразнообразие активного ила после его частичной гибели в результате залповых сбросов токсичных соединений, а также увеличить эффективность очистки сточных вод.

Ключевые слова: активный ил; биопрепарат ФеноФорм; биоценоз; очистка сточных вод; нитчатые микроорганизмы.

INFLUENCE OF THE MICROBIAL PREPARATION PHENOFORM ON THE COMPOSITION AND OXIDATIVE POWER OF THE ACTIVATED SLUDGE BIOCENOSIS

Aliashkevich I.I., Glushen A.M.

Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

Keywords: activated sludge; biopreparation PhenoForm; biocenosis; wastewater treatment; filamentous microorganisms

NO-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ЗАЩИТНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Аллагулова Ч.Р.*, Юлдашев Р.А., Лубянова А.Р., Авальбаев А.М.

Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

*E-mail: allagulova-chulpan@rambler.ru

Засуха является одним из наиболее широко распространенных абиотических стрессовых факторов, существенно ограничивающих рост и продуктивность культурных растений, среди которых главной зерновой культурой является пшеница. В связи с чем исследования эффективности применения природных регуляторов роста и сигнальных молекул для повышения засухоустойчивости пшеницы имеют важное теоретическое и прикладное значение. К числу таких соединений принадлежит оксид азота (NO), который выполняет важные функции при регуляции нормального развития растений и формирования их стрессоустойчивости. Работа была посвящена исследованию влияния донора NO – нитропруссид натрия (SNP – sodium nitopruesside) на растения пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при воздействии обезвоживания, вызываемого обработкой полиэтиленгликолем (ПЭГ 6000, 12%). Использование 200 мкМ SNP для разных способов обработки (предпосевное замачивание семян, присутствие в среде проращивания, обработка вегетирующих проростков) способствовало повышению всхожести семян, увеличению биомассы и линейных размеров проростков в норме, а также снижению степени повреждающего действия ПЭГ-индуцируемого обезвоживания на ростовые параметры пшеницы. Благоприятное действие NO может обуславливаться его влиянием на гормональную, антиоксидантную, осмопротекторную систему и состояние водного режима проростков пшеницы. Об этом свидетельствуют данные по анализу накопления фитогормонов (АБК, ауксины, цитокинины), продукции супероксиданиона, перекиси водорода, уровня перекисного окисления липидов, активности антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутазы, аскорбатпероксидазы и каталазы), синтеза осмопротектантов (пролина и транскриптов *TADHN*-гена дегидрина) и таких показателей водного режима, как интенсивность транспирации и относительное содержание воды. Совокупность полученных данных указывает на способность донора NO проявлять свойства стимулятора роста и индуктора защитных реакций растений пшеницы в норме и при воздействии водного стресса, соответственно.

Ключевые слова: оксид азота; пшеница; водный стресс; устойчивость.

NO-INDUCED PROTECTIVE REACTIONS OF WHEAT PLANTS UNDER DEHYDRATION EXPOSURE

Allagulova C.R.*, Yuldashev R.A., Lubyanova A.R., Avalbaev A.M.

Institute of Biochemistry and Genetics – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: nitric oxide; wheat; water stress; plant tolerance

ВЛИЯНИЕ БИОРЕГУЛЯТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ КАРОТИНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ *HUMULUS LUPULUS* L.

Аль Хуссейн Д.*, Мостякова А.А., Тимофеева О.А.

Казанский федеральный университет, Казань, Россия

*E-mail: dalal.matar91@gmail.com

Хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L.) – ценное растение, которое играет важную роль не только в пивоварении, но и в фармакологии. Хмель содержит витамины (провитамин А, С, В₂), горькие кислоты, эфирные масла, флавоноиды, полифенолы, каротиноиды и ксантогумол – биологически активные соединения с выраженными антиоксидантными, противовоспалительными и антимикробными свойствами.

Каротиноиды в хмеле способствуют защите клеток человека от окислительного стресса и участвуют в регуляции иммунных процессов. Благодаря этим свойствам хмель широко используется в традиционной медицине. Современные научные исследования подтверждают его потенциал в регуляции обмена веществ, обеспечении антиоксидантной защиты и нейропротекторных действиях.

Цель работы заключалась в выявлении особенностей действия регуляторов роста гибберсиб и эпин-экстра, и биоудобрения пудрет на содержание каротиноидов в листьях *Humulus lupulus* L.

Посадку и обработку регуляторами роста корневищных черенков хмеля проводили в начале мая 2022 года в условиях защищённого грунта, спустя месяц все варианты были пересажены в открытый грунт. Последующие обработки растений регуляторами роста проводили ежегодно в начале вегетационного сезона. Пробы листьев для анализа отбирали в течение трех лет в сентябре для дальнейших анализов. Количество каротиноидов в ацетоновой вытяжке рассчитывали по формуле Веттштейна.

Наши результаты показали, что регуляторы роста оказывают выраженное влияние на синтез каротиноидов, в то время как в контрольной группе наблюдался стабильный уровень их накопления. Наибольшее накопление каротиноидов наблюдалось под действием пудрета во второй и третий годы эксперимента — содержание соединений увеличилось на 159,16% и 184,64% соответственно по сравнению с контрольными образцами. Кроме того, в сентябре первого года исследования было зафиксировано повышение уровня каротиноидов на 108,64% по сравнению с контролем. Гибберсиб стимулировал накопление каротиноидов на всех этапах: 110,53% в первый год, 132,02% во второй и 124,74% на третий год соответственно.

Эпин-Экстра также способствовал росту каротиноидов, но его эффект был менее выраженным: 56,37% в первом году, а на третий год содержание соединений увеличилось на 134,85%.

Ключевые слова: эпин-экстра, гибберсиб, пудрет, листья, *Humulus lupulus* L.

THE INFLUENCE OF BIOREGULATORS ON THE CAROTENOID CONTENT IN THE LEAVES OF *HUMULUS LUPULUS* L.

Al Hussein D., Mostyakova A.A., Timofeeva O.A.

Kazan Federal University, Kazan, Russia

Keywords: epin-extra, gibbersib, pudret, leaves, *Humulus lupulus* L.

ВЛИЯНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СТРЕССА НА СОДЕРЖАНИЕ ОСМОЛИТОВ В КЛЕТКАХ ПРОРОСТКОВ РАПСА ОЗИМОГО

Ананьина Л.Н.^{1*}, Горбунов А.А.², Старцева А.В.³

¹ Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, Пермь, Россия

² Институт технической химии УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, Пермь, Россия

³ Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, Пермь, Россия

*E-mail: ludaananyina@mail.ru

Рапс представляет собой уникальное растение, обладающее множеством полезных свойств. Он выступает в роли санитарного элемента в системах севооборота, а его семена обеспечивают получение масла высокого качества и служат хорошим кормом для сельскохозяйственных животных. На территории Российской Федерации посевные площади под рапсом увеличиваются ежегодно с 249.4 тыс. га (2005 г.) до 2725.7 тыс. га (2024 г.). В Пермском крае площади посева рапса к 2024 г. достигли 3,6 тыс. га (<https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения 30.04.2025)). Основную часть площадей занимает яровой рапс. Озимый рапс требователен к условиям произрастания и обладает низкой морозостойкостью.

Объектом исследования служил рапс озимый сорта Северянин, категории первая репродукция (PC1). Семена проращивали согласно ГОСТ 12038-84. Чашки увлажняли каждые третьи сутки дистиллированной водой в объеме 1 мл. Спустя семь суток часть чашек выдерживали при 5°C в течение 24 часов. После этого из чашек отбирали по 5 проростков случайным образом. Определяли сырую биомассу. Проростки, отобранные из одной чашки, гомогенизировали. Из полученной суспензии экстрагировали органические соединения. Определение осмолитов проводили методом спектроскопии протонного магнитного резонанса. Расчет проводили на мг сырой биомассы (мг СМ). В полученных спектрах среди прочих были идентифицированы сигналы, отнесенные к сахарозе, глюкозе и пролину. Определено количество этих соединений в пробах. Понижение температуры привело к достоверно значимому ($p \leq 0.05$) возрастанию содержания в клетках рапса озимого сахарозы на 86.6% (с 1.71 до 3.19 мкг/мг СМ). Отмечен тренд к увеличению количества глюкозы на 10.9%. Пул пролина практически не изменился и находился в пределах 0.8-0.9 мкг/мг СМ.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ и Министерства образования и науки Пермского края в рамках научного проекта № 24-26-20070.

Ключевые слова: осмолиты; *Brassica napus*; рапс; низкая температура.

EFFECT OF LOW TEMPERATURE STRESS ON OSMOLYTE CONTENT IN WINTER RAPESEED

Anan'ina L.N.^{1*}, Gorbunov A.A.², Startseva A.V.³

¹ Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS – branch of the Perm Federal Research Center of the UB RAS, Perm, Russia

² Institute of Technical Chemistry UB RAS – branch of the Perm Federal Research Center of the UB RAS, Perm, Russia

³ Perm Agricultural Research Institute – branch of the Perm Federal Research Center of the UB RAS, Perm, Russia

Keywords: osmolytes; *Brassica napus*; rapeseed; low temperature

СОЗДАНИЕ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЭМУЛЬСИОННЫХ ЭКСТРАКТОВ ДРЕВЕСНОЙ ЗЕЛЕНИ ХВОЙНЫХ

Андреева Е.М.*, Стеценко С.К., Терехов Г.Г.

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*E-mail: e_m_andreeva@mail.ru

Для получения качественного посадочного материала с ускоренным сроком выращивания все больше находят применение в практике лесовосстановления препараты с росторегулирующими свойствами. Рядом исследований установлено, что они оказывают положительное влияние на всхожесть семян, ростовые параметры и сохранность сеянцев, увеличивать устойчивость к стрессовым факторам различной этиологии. Однако, как правило, судьба сеянцев, выращенных с применением стимуляторов роста и высаженных на лесокультурные площади, не отслеживается и остается мало изучена. А единичные работы, в которых изучаются культуры, созданные из сеянцев, выращенных с использованием стимуляторов роста, не дают общей картины.

Авторы на протяжении нескольких лет проводят исследования о влиянии биопрепаратов, созданных на основе эмульсионных экстрактов, полученных из древесной зелени пихты и ели, на сеянцы хвойных пород с целью повышения качества растительной продукции лесных питомников. Препараты пихты и ели были использованы однократно для предпосевной обработки семян сосны в дозах 0,1 и 0,25 мл/кг семян путем замачивания в растворах на 6 часов; в контрольном варианте семена замачивали в воде. Сеянцы сосны выращивали в производственном питомнике в течение двух лет. По окончании второго вегетационного сезона сеянцы не имели достоверных различий по диаметру корневой шейки (только в варианте с обработкой препаратом ели, (доза 0,1 мл/кг) ствол был толще, чем у контрольных сеянцев на 13,6%). Наиболее высокими были сеянцы из опытных вариантов, где была применена обработка препаратами в дозе 0,1 мл/кг; они были выше контрольных растений на 9,2% при использовании препарата пихты и на 17,2% - препарата ели.

Двулетние сеянцы, выращенные с применением препаратов пихты и ели, были посажены на лесокультурную площадь, где в течение пяти лет проводились учеты сохранности и измерялись ростовые параметры культур сосны. Показатели 5-летних культур были следующими. Сохранность опытных культур превышала контроль в разных вариантах до 19%. Средняя высота сосны в контрольном варианте была 106,4±5,23 см. В опытных культурах самые высокие были из вариантов с низкой дозой препарата пихты и ели (выше контроля на 30,7 % и 25,1%, соответственно), в них также были отмечены более высокие значения диаметра стволика. В вариантах с высокой дозой препаратов разница в значениях биометрических параметров между опытными и контрольным вариантами была небольшой.

Таким образом, однократное применение биопрепаратов из экстрактов хвойной древесной зелени ускоряет процессы роста сосны в лесном питомнике, а затем в лесных культурах, что позволяет саженцам быстрее достигать параметров, позволяющих переводить эти участки в лесопокрываемые площади.

Благодарности: работа выполнена в рамках государственного задания Ботанического сада УрО РАН (№ 123112700125-1).

Ключевые слова: сосна обыкновенная, сеянцы, культуры, эмульсионные экстракты пихты и ели

CREATION OF SCOTCH PINE CULTURES USE BIOPREPARATIONS FROM EMULSION EXTRACTS OF CONIFEROUS GREENERY

Andreeva E.M.*, Stetsenko S.K., Terekhov G.G.

Botanical Garden, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Keywords: Scots pine, seedlings, cultures, spruce extract, fir extract

СВЯЗЬ ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМА С МЕЖГОДОВОЙ ДИНАМИКОЙ МЕТАБОЛОМА *NUPHAR LUTEA* (L.) SM. (НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА КУЗНЕЧНОЕ, ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.)

Аникина В.В.^{1, 2}

¹ Санкт-Петербургский филиал государственного научного центра Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» ("ГосНИОРХ" им. Л. С. Берга), Санкт-Петербург, Россия

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Санкт-Петербург, Россия

E-mail: vapity94@mail.ru

Впервые проведено хромато-масс-спектрометрическое исследование эфирного масла кубышки желтой (*Nuphar lutea* (L.) Sm.), произрастающей в озере Кузнечном на территории Ленинградской области на Карельском перешейке на пике развития растения в фазу цветения-плодоношения в 2020 и 2021 гг., с целью исследования межгодовой изменчивости компонентного состава низкомолекулярных органических соединений (НОС) и оценки возможности использования ее низкомолекулярного метаболома (НМ) для индикации экологического состояния водоемов. Приведены лимнологические характеристики водоема в месте произрастания кубышки желтой. Основной исследовательский метод работы – газовая хромато-масс-спектрометрия (ГХ-МС). Выявлено, что при изменяющихся условиях среды обитания в разные годы, в том числе в зависимости от определенного биотического окружения (фитопланктон) и абиотических факторов, растения способны синтезировать различное число НОС. Снижение трофического статуса озерной экосистемы и уменьшение развития цианобактерий, как доминирующего компонента фитопланктона, приводит к значительному увеличению содержания всех групп компонентов в НМ кубышки желтой. Изменчивость НМ кубышки желтой может служить индикатором стабильности/изменения состояния водной экосистемы. Выявленные у *N. lutea* из оз. Кузнечное, типичного для Карельского перешейка, высокие количественные показатели содержания НОС, особенно веществ-аллелохемиков, позволяют рассматривать кубышку желтую, произрастающую в озерах Карельского перешейка как недоиспользуемый природный ресурс ценных НОС, имеющих потенциал разнопланового хозяйственного использования.

Ключевые слова: низкомолекулярный метаболом; газовая хромато-масс-спектрометрия; трофический статус; индикация экологического состояния.

RELATIONSHIP BETWEEN THE TROPHIC STATE OF A WATER BODY AND THE INTERANNUAL DYNAMICS OF THE METABOLOME OF *NUPHAR LUTEA* (L.) SM. (ON THE EXAMPLE OF LAKE KUZNECHNOE, LENINGRAD REGION)

Anikina V.V.^{1, 2}

¹ Saint-Petersburg Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography" ("GosNIORCH" by L.S. Berg), Saint-Petersburg, Russia

² St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

Keywords: low molecular weight metabolome; gas chromatography-mass spectrometry; trophic status; indication of ecological status

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ДИКОРАСТУЩИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ФЛОРЫ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ

Афанасьева Л.В. ^{1*}, Рупышев Ю.А. ¹, Дылгырова И.В. ², Серебряхова А.К. ²

¹ Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской Академии наук, Улан-Удэ, Россия

² Институт естественных наук Бурятского государственного университета имени Доржи Банзарова, Улан-Удэ, Россия

*E-mail: afanl@mail.ru

Флора Республики Бурятия насчитывает свыше 2500 видов сосудистых растений, среди которых значительную долю составляют хозяйственно-ценные виды, в том числе обладающие лекарственными свойствами. Высокий спрос на растительное сырье, используемое в традиционной, тибетской и народной медицине, а также значительные объемы его заготовки обуславливают необходимость проведения комплексной инвентаризации лекарственных растений региона, уточнения современных данных об их распространении и запасах, разработки научно обоснованных норм заготовки. Используя материалы гербарного фонда ИОЭБ СО РАН и данные "Определителя растений Бурятии" (2001), мы систематизировали сведения о лекарственных растениях региона. В результате был создан аннотированный конспект флоры лекарственных растений Республики Бурятия, включающий 558 видов сосудистых растений с различным медицинским применением: 48 фармакопейных видов, 340 – используемых в тибетской медицине и 370 – в народной медицине. Они входят в состав 97 семейств и 300 родов. По количеству родов и видов, применяемых в тибетской и народной медицине, лидирует семейство *Asteraceae* (33 рода, 68 видов), далее следует *Rosaceae* (19 родов, 42 вида) и *Ranunculaceae* (16 родов, 42 вида). Наибольшая доля в составе флоры принадлежит лесному флористическому комплексу (41%), а в его пределах светлохвойной группе, что связано с господством на территории региона светлохвойной тайги. Преобладающая часть видов относится к мезофильной экологической группе и имеет ареалы, выходящие за пределы Азии (более 55%). Для структурирования собранной информации разработана комплексная реляционная база данных в среде Access, содержащая многоуровневую характеристику каждого вида: систематическое положение, биоморфологические особенности (морфологические признаки, жизненные формы), эколого-ценотические параметры (принадлежность к поясно-зональным и экологическим группам), особенности распространения (хорология, флористическое и административное районирование), практико-ориентированные сведения (химический состав, фармакологические свойства, технологии заготовки, ресурсная оценка), дополненные фотографическими материалами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-20129, <https://rscf.ru/project/25-24-20129>

Ключевые слова: дикорастущие лекарственные растения; база данных, Республика Бурятия.

INVENTORY OF WILD MEDICINAL PLANTS OF THE FLORA OF THE REPUBLIC OF BURYATIA

Afanasyeva L.V. ^{1*}, Rupyshev Yu.A. ¹, Dylgyrova I.V. ², Serebryukhova A.K. ²

¹ Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

² Institute of Natural Sciences of Buryat State University named after Dorzhi Banzarov

Keywords: wild medicinal plants; database, Republic of Buryatia

ВЫЯВЛЕНИЕ ЛИПИД-ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ БЕЛКОВ ВО ФЛОЭМНОМ ЭКССУДАТЕ РАСТЕНИЙ ГОРОХА В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ

Ахиярова Г.Р.^{1*}, Вафина Г.Х.¹, Финкина Е.И.², Кудоярова Г.Р.¹

¹ Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

² Учебно-научный центр Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук, Москва, Россия

* E-mail: akhiyarova@rambler.ru

Белки-переносчики липидов (ЛТБ) растений представляют собой небольшие основные белки, свернутые вокруг туннелеподобной гидрофобной впадины, способные обратимо связывать и переносить различные лиганды, в том числе и фитогормоны. Функции ЛТБ *in vivo* до сих пор остаются предметом споров, хотя накоплены данные об их роли в биогенезе мембран, участии в отложении полимеров (кутин и суберин), в развитии и прорастании семян, росте клеточной стенки, реакций растений на абиотические и биотические стрессы, о чем свидетельствует увеличение уровня экспрессии этих белков в ответ на засоление, дефицит влаги, низкие температуры, инфицирование фитопатогенами и т.д. Цель нашего исследования была обнаружить ЛТБ первого подкласса во флоэмном экссудате проростков гороха и исследовать динамику этих белков в норме и в условиях засоления. Проростки гороха *Pisum sativum* L. (сорт Сахарный 2) выращивали в среде 10% Хогланда-Арнона. Условия засоления имитировали, путем перенесения части проростков на 7 сутки в раствор Хогланда-Арнона с добавлением 50 мМ хлорида натрия, в котором растения выдерживали еще в течение 4 дней. Сбор флоэмного экссудата проводили в темноте во влажной камере, погружая основания срезанных побегов в раствор, содержащий ЭДТА. Суммарную концентрацию белков оценивали по методу Бредфорд. Анализ содержимого флоэмного экссудата проводили с помощью вестерн-блоттинга, твердофазного иммуноферментного анализа и жидкостной хроматомасс спектрометрии. Иммуноблоттинг проводили используя поликлональные кроличьи анти-ЛТБ антитела чечевицы, перекрестно реагирующие с ЛТБ гороха. Было показано присутствие во флоэмных экссудатах как контрольных растений, так и растений в условиях засоления липид-транспортующих белков гороха. Более интенсивное окрашивание иммунных комплексов было обнаружено в случае флоэмного сока растений в условиях засоления. Анализ идентифицированных с помощью жидкостной хроматомасс-спектрометрии белков выявил присутствие трех изоформ липид-транспортующих белков гороха (Ps-LTP1, Ps-LTP2 и Ps-LTP3) во флоэмных экссудатах как контрольных растений, так и растений в условиях засоления. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о присутствии липид-транспортующих белков во флоэмном экссудате проростков гороха и их важной роли в системном транспорте гидрофобных лигандов, в том числе в условиях стресса.

Ключевые слова: липид-транспортующие белки, флоэма, засоление, *Pisum sativum* L.

IDENTIFICATION OF LIPID-TRANSPORTING PROTEINS IN PHLOEM EXUDATE OF PEA

Akhiyarova G.R.^{1*}, Vafina G.H.¹, Finkina E.I.², Kudoyarova G.R.¹

¹ Ufa Federal Research Centre, Ufa Institute of Biology, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

² M. M. Shemyakin & Yu. A. Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Keywords: lipid-transporting proteins, phloem, *Pisum sativum* L.

К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТУГАЙНЫХ ЛЕСОВ НА ТЕРРИТОРИИ АЗЕРБАЙДЖАНА

Ахмедова Н.

Бакинский Государственный Университет Министерства науки и образования Азербайджана,
Баку, Азербайджан

E-mail: 1niqarahmadova@gmail.com

За последнее столетие площадь тугайных лесов на территории Азербайджана сократилась почти в 7 раз и составляет всего 14-17 тыс. га. Главная причина сокращения площади тугайных ландшафтов, ухудшения их состояния, деградации лесов и отсутствия естественного возобновления – антропогенный фактор. Кура-Араксинская впадина – густонаселенный регион интенсивного земледелия и животноводства с развитой промышленностью и густой сетью технических коммуникаций. В непосредственной близости от тугайных ландшафтов проходит Закавказская железная дорога, автомагистраль «Шелковый путь», проложены нефте- и газопроводы (ВТС, Баку – Супса). Примерно 60 тыс. га тугайных ландшафтов за последние сто лет переведены в агроценозы. Преобразование естественных природных ландшафтов в исследуемой территории связано с антропогенной и техногенной направленностью экономики аридной зоны.

В этой связи в настоящее время одним из важнейших приоритетных направлений биоэкологической науки Азербайджана является разработка научных основ восстановления и сохранения тугайных лесов как составной части зеленой инфраструктуры, которая, в свою очередь в долговременном масштабе может обеспечить устойчивое эколого-социальное и экономическое развитие страны.

Интеграционное понимание сущности и значимости тугайных лесов вдоль речных систем в аридной зоне страны позволяет рассматривать их в качестве природных систем (биогеоэкосистем), которые имеют определенную структуру, функции, связи и взаимосвязаны с другими геоэкосистемами и агроландшафтами, создающими внешнюю среду. В этой связи необходимо отметить, что с середины 80-х годов XX века активную позицию в организации хозяйственного освоения территории и оптимизации природопользования получил бассейново-ландшафтный подход. В этой связи территории речных бассейнов рек Кура-Аракс в зоне исторического произрастания тугайных лесов нами впервые в первом приближении оценено на основе бассейново-ландшафтного подхода в виде социально-экономических систем, состоящих из совокупности расположенных в их пределах природных и природно-антропогенных подсистем (природоохранных, природно-рекреационных, природно-промышленных, природно-аграрных, природно-селитебных и т.д.) путем системного анализа их состояния, прогноза изменения с перспективой разработки путей управления их развития.

В этой связи наиболее эффективно использование геосистемного бассейново-ландшафтного подхода для объективной оценки и анализа экологической ситуации и разработки оптимальных методов управления прибрежными ландшафтами системы рек Кура-Араз с целью сохранения и повышения площади тугайных лесов, обладающих высоким потенциалом средообразующих функций.

С другой стороны, наличие большого числа антропогенных и техногенных факторов воздействия на ландшафты произрастания тугайных лесов и ландшафты сопредельных сред, широкий ассортимент видов представителей тугаев – карагач, дуб, берест, лох, шелковица, ива и др. ставит на повестку дня необходимость проведения системных исследований в области биомониторинга, биоиндикации и биотестирования представителей различных видов тугаев.

Ключевые слова: тугайные леса; снижение площади; антропогенные факторы; восстановление и сохранение; бассейново-ландшафтный подход.

ON ADDRESSING THE CHALLENGES OF RESTORING TUGAI FORESTS IN AZERBAIJAN

Ahmedova Nigar

Baku State University, Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

Keywords: Tugai forests; Kura-Aras river system; anthropogenic impact; restoration and conservation; basin-landscape approach; bioecological monitoring

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ В МЕСТООБИТАНИЯХ ЭКОТОННЫХ СОСНОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Ахметова М.Р.*, Федоров Н.И., Гимазетдинов В.Д.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

* E-mail: mishaulyat@yandex.ru

В Южно-Уральском регионе на стыке широколиственных и светлохвойных лесов распространены экотонные смешанные сосново-широколиственные леса подсоюза *Tilio cordatae-Pinenion sylvestris* Shirokikh et al. 2021. Экотонные сообщества являются менее устойчивыми к климатическим изменениям, чем другие типы лесов. Реакция сосново-широколиственных лесов на климатические изменения зависит от их местообитания [Широких и др., 2021]. Различия климатических и эдафических условий местообитаний сосново-широколиственных лесов обуславливают необходимость более детального изучения состава и структуры этих лесов и влияющих на них климатических факторов. Одним из таких важных факторов биоразнообразия является температура воздуха, которая влияет на функционирование экосистемы [García et al., 2018].

Исследования проводились на двух пробных площадях в сосново-широколиственных лесах (ассоциация *Tilio cordatae-Pinetum sylvestris* Shirokikh et al. 2021). Первая пробная площадь расположена на Уфимском Плато (УП) (Караидельский район Республики Башкортостан) в Предуралье, а вторая – в горно-лесной зоне (ГЛЗ) (Белорецкий район Республики Башкортостан) на восточной границе распространения сосново-широколиственных лесов. Анализ динамики температуры воздуха лесных объектов проводился с помощью датчиков DS1922L-F5 и климатической базы данных Era5-Land [<https://cds.climate.copernicus.eu/>].

Среднесуточная температура воздуха, измеренная логгерами за весь период измерения (с 3 ноября 2022 по 7 июня 2023 г.) на УП, была выше, чем в ГЛЗ в среднем на 1,24°C, а по данным Era5-Land на 2,3°C. Температура воздуха, зарегистрированная логгерами, была сопоставлена с данными ERA5-Land. В среднем температура по данным реанализа была выше температуры, измеренной логгерами. Максимальная разница показаний температуры на УП составила 12-13°C, а в ГЛЗ – 8-11°C. При этом корреляция между показаниями логгеров и ERA5-Land очень высока как на УП, так и в ГЛЗ. Коэффициенты корреляции Пирсона для среднесуточных значений температуры воздуха между данными логгеров и ERA5-Land составили в ГЛЗ 0,98 и на УП 0,97. Это свидетельствует о том, что данные с логгеров и ERA5-Land согласуются в достаточной степени. Реанализ ERA5-Land возможен для восстановления отсутствующей информации архивов наземных наблюдений. Проведенные исследования показали различия температурного режима в местообитаниях сосново-широколиственных лесов в ГЛЗ и на УП и между данными логгеров и реанализа ERA5-Land. Сглаженность температурных данных, полученных с помощью логгеров, в сравнении с данными из ERA5-Land, говорит о «буферной роли» леса. Однако, эти данные получены за короткий период и следует продолжать наблюдения на пробных площадях.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 123020800001-5.

Ключевые слова: датчики температуры; ERA5-Land; Южно-Уральский регион; сосново-широколиственные леса.

TEMPERATURE REGIME OF ECOTONE PINE-BROADLEAF FORESTS OF SOUTHERN URALS REGION

Akhmetova M.R.*, Fedorov N.I., Gimazetdinov V.D.

Ufa institute of Biology, UFRC RAS, Ufa, Russia

Keywords: temperature data-loggers; ERA5-Land; Southern Urals region; pine-broadleaf forests

ВЛИЯНИЕ ГОРМОНПРОДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ *BACILLUS SUBTILIS* IB-22 И *PSEUDOMONAS MANDELII* IB-Ki14 НА РОСТ, ВОДНЫЙ ОБМЕН И УРОВЕНЬ PIP2 АКВАПОРИНОВ В КОРНЯХ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ

Ахтямова З.А.*, **Архипова Т.Н.**, **Мартыненко Е.В.**, **Шарипова Г.В.**

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: akhityamovazarina@ufaras.ru

Целью работы было проверить предположение о том, что усиление роста растений под влиянием ростстимулирующих бактерий может быть связано со способностью абсцизовой кислоты (АБК) увеличивать гидравлическую проводимость корней за счет активации аквапоринов. Было показано, что транзиторное увеличение АБК в растениях ячменя, вызванное присутствием гормонпродуцирующих бактерий, способствует образованию апопластных барьеров, более выраженному при инокуляции ИУК-продуцирующим штаммом *Pseudomonas mandelii* IB-Ki14 по сравнению с цитокининпродуцирующим штаммом *Bacillus subtilis* IB-22. С помощью иммулокализации обнаружено увеличение синтеза аквапоринов в корнях растений ячменя сортов Прерия и Степное, инокулированных гормонпродуцирующими бактериями, что способствовало нормализации водного обмена, стимуляции роста растений ячменя.

С целью проверки предположения о том, что стимуляция роста растений под влиянием PGP бактерий может быть связана со способностью АБК увеличивать гидравлическую проводимость корней за счет активации аквапоринов, был использован дефицитный по этому гормону мутант ячменя Az34. При внесении в ризосферу этого мутанта штамм *B. subtilis* IB-22 компенсировался недостаток абсцизовой кислоты, что способствовало увеличению гидравлической проводимости корней за счёт активности PIP2 аквапоринов.

Исследование проведено с использованием оборудования ЦКП «Агидель», при частичной финансовой поддержке темы № 123020800002-2 в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 075-01134-23-00.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas mandelii*, аквапорины, фитогормоны, апопластные барьеры.

THE EFFECT OF HORMONE-PRODUCING BACTERIA *BACILLUS SUBTILIS* IB-22 AND *PSEUDOMONAS MANDELII* IB-Ki14 ON GROWTH, WATER METABOLISM AND PIP2 AQUAPORIN LEVELS IN BARLEY ROOTS

Akhtyamova Z.A.*, **Arkhipova T.N.**, **Martynenko E.V.**, **Sharipova G.V.**

Ufa Institute of Biology of UFRS RAS, Ufa, Russia

The study was conducted using the equipment of the Agidel Collective Use Center, with partial financial support from topic No. 123020800002-2 within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 075-01134-23-00.

Keywords: *Hordeum vulgare*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas mandelii*, aquaporins, phytohormones, apoplastic barriers

ПОЛНОГЕНОМНЫЙ АНАЛИЗ ШТАММА *STREPTOMYCES CARPATICUS* SCPM-O-B-9993 – ПЕРСПЕКТИВНОГО ФИТОСТИМУЛЯТОРА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Батаева Ю.В.^{1*}, Русаков А. В.², Батаева А.Д.¹, Григорян Л.Н.²

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева», Москва, Россия

² ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева», Астрахань, Россия

*E-mail: aveatab@mail.ru

Род *Streptomyces* включает спорообразующие, нитчатые и грамположительные актинобактерии, которые населяют различные среды, такие как экстремальные условия и малоизученные места обитания, наземные и морские экосистемы, симбионты, эндофиты и т.д. Представители рода *Streptomyces* характеризуются способностью выживать в неблагоприятных условиях окружающей среды, сохраняя при этом метаболическую активность в течение длительного времени. Эти бактерии продуцируют огромное разнообразие химических структур: поликетиды, пептиды, макролиды, индолы, аминокликозиды, терпены и т.д.), посредством которого они оказывают регулирующее воздействие на растение и контролируют развитие фитопатогенов.

Представители рода *Streptomyces* могут воздействовать на фитопатогены непосредственно, продуцируя антибиотики, сидерофоры, гидролитические или детоксицирующие ферменты, или опосредованно, стимулируя рост растений-хозяев за счет синтеза фитогормонов, повышая их устойчивость к заболеваниям, формируя механизмы индуцированной и/или приобретенной системной резистентности, или просто конкурируя с фитопатогенами за доступные элементы питания.

Функции генов, аннотированных в геномах, в настоящее время плохо изучены и требуют дальнейших всесторонних исследований. Используя методы анализа генома *in silico*, было обнаружено, что геномы *Streptomyces* содержат кластеры генов 25-70 биологически активных соединений, но только небольшая их часть синтезируется в лаборатории с использованием методов культивирования.

Штамм *S. carpaticus* SCPM-O-B-9993 выделен из бурых полупустынных почв с очень высокой степенью засоления на территории Астраханской области Российской Федерации. Ранее выполненные лабораторные исследования показали, что штамм обладает фитостимулирующими, антифунгальными, антиоксидантными, инсектицидными, противовирусными свойствами и представляет интерес для растениеводства. Исследования показали, что геном штамма содержит линейную хромосому 5 968 715 пар нуклеотидов и не имеет плазмид. Геном содержит 5331 кодирующую последовательность, из которых 2139 (40,1%) функционально аннотированы. В геноме идентифицированы кластеры продукции вторичных метаболитов с антимикробными свойствами: омёнгсамицин, пелласорен, нарингенин, ансамицин.

Ключевые слова: *Streptomyces*; актинобактерии; геном; полногеномный анализ

WHOLE GENOME ANALYSIS OF *STREPTOMYCES CARPATICUS* SCPM-O-B-9993, A PROMISING PHYTOSTIMULANT AND PLANT PROTECTION PRODUCT

Bataeva Yu.V.¹, Rusakov A.V.², Bataeva A.D.¹, Grigoryan L.N.²

¹ Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia

² Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, Astrakhan, Russia

Keywords: *Streptomyces*; actinobacteria; genome; whole genome analysis

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПРИ РАЗМНОЖЕНИИ ВИНОГРАДА БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Батукаев А.А.^{1,2*}, Куркиев К.У.², Батукаев М.С.¹

¹ ФГНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Грозный, Россия

² ОС Дагестанская - филиал «ФГБНУ ФИЦ ВИР им. Н.И. Вавилова», Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: batukaevmalik@mail.ru

Во многих странах мира большое значение в настоящее время придается внедрению в производство интенсивных методов производства высококачественного, оздоровленного от патогенных микроорганизмов и вирусов, посадочного материала винограда.

Настоящее исследование, заключается в том, что из состава модифицированной питательной среды Мурасиге - Скуга исключают активированный уголь, снижают соли и кислоты в 2-4 раза, а добавляют Гумат+7В в количестве 5-10 мл/л.

Гумат+7В хорошо растворим в воде, легко усваивается растениями, мобилизует его иммунную систему, стимулирует развитие мощной корневой системы, способствует усиленному поступлению питательных веществ, интенсифицирует обменные процессы в растительной клетке.

Растения – регенеранты размерами 8-10 см разрезали на фрагменты, включавшие узел с листом и почкой (нижняя часть междоузлия длиннее верхней на 1-1,5 см), полученные микрочеренки высаживали в биологические пробирки размером 40×120 мм на питательную среду. Опыт был заложен на сорте винограда Дивико.

Технология черенкования пробирочных растений обычная. Наблюдения за растениями проводились в течение 45 дней, ежедневно, отмечая дату появления корней и листьев. Измерения высоты растений, подсчет листьев и основных корней провели через 45 суток после черенкования.

Во всех вариантах начало образования корней отмечено на 9-й день после черенкования. На 15 день после черенкования укоренились все растения. Отмечено, что рост и количество корней в варианте с использованием Гумат+7В существенно увеличился по сравнению с контролем. Образование листьев в экспериментальном варианте началось на девятый день после черенкования, а на 16 день образование листьев началось на всех вариантах опыта.

Дальнейшие наблюдения за ростом и развитием растений, показали, что экспланты в вариантах на бедных питательных средах, хотя и показали вначале неплохие результаты по укоренению, далее существенно отставали в росте и развитии по сравнению с вариантами с использованием Гумат+7В. У эксплантов, помещенных на эти среды проходил более интенсивный рост растения в высоту и образование корней, по сравнению с контрольным вариантом.

Введение в состав питательных сред кроме минеральных солей, жидкого концентрированного органоминерального препарата Гумат+7В, оказало существенное значение для роста и развития экспланта в условиях *in vitro*.

В питательных средах с использованием Гумат+7В значительно снижается количество агар-агара, сахарозы, солей натрия, магния, калия и кальция, мезоинозита, сернокислой меди и хлористого никеля, никотиновой кислоты, пиридоксина, тиамина, сернокислого железа, трилона Б, активированного угля. За счет значительного сокращения этих элементов в питательной среде и добавлением Гумата+7В в количестве 5-10 мл/л, снижаются затраты на питательную среду и повышается его эффективность.

Ключевые слова: виноград; сорт; питательная среда; *in vitro*; размножение.

IMPROVEMENT OF THE NUTRIENT MEDIUM COMPOSITION IN BIOTECHNOLOGICAL PROPAGATION OF GRAPES

Batukaev A.A.^{1,2}, Kurkiev K.U.², Batukaev M.S.¹

¹ Federal State Scientific Institution "Chechen Research Institute of Agriculture", Grozny, Russia

² ES Dagestanskaya - branch of "Federal State Scientific Institution FRC VIR named after N.I. Vavilov", St. Petersburg, Russia

Keywords: grapes; variety; nutrient medium; *in vitro*; reproduction

КЛОНАЛЬНОЕ МИКРОРАЗМНОЖЕНИЕ СОРТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

Батукаев А.А.^{1,2*}, Асхабов Б.Х.¹, Баташов Т.А.²

¹ ФГНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», Грозный, Россия

² ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова», Грозный, Россия

*E-mail: batukaevmalik@mail.ru

В ходе исследований было установлено, что при выращивании апексов усов земляники садовой на среде Мурасиге-Скуга, дополненной БАП в концентрации 0,5 мг/л, в зависимости от сорта удалось получить от 41,7±2,4% до 99,2±4,4% морфогенных эксплантов. Все изучаемые сорта по уровню морфогенетической активности условно были разделены на четыре группы. Морфогенетическая активность эксплантов сортов Богота, Альба, Тея (группа 1) в первые 3 недели культивирования была самой низкой и находилась в интервале 41,7±2,4%...49,2±2,4% (в среднем 45,5%). В процессе культивирования на морфогенных эксплантах образовывались почки и побеги. Группу 2 сформировали сорта Альбион, Монтерей, Сан Андре, Флоренс, морфогенетическая активность которых была в среднем на 18,5% выше, чем в предыдущей группе и составила 60,3±3,1%...67,7±3,1% (в среднем 64%). У эксплантов сортов Ассоль Елизавета, Онда, Ирма, Олимпия группы 3 морфогенетическая активность была в среднем на 38,5% выше, чем в группе 1 на 20% выше, чем в группе 2 и составила 80,3±3,8% ...87,7±3,8% (в среднем 84%). Высокой морфогенетической активностью отличались сорта Кивки Аура, Саника (группа 4). Их морфогенетическая активность была в интервале 91,7±4,4%...99,2±4,4% (в среднем 95,45%), что в среднем на 50,0% выше, чем в группе 1; на 31,41% выше, чем в группе 2 и на 11,5% выше, чем в группе 3. Результаты проведенного эксперимента показали, что группа 4, состоящая из сортов Кивки Аура и Саника, проявила наивысшую морфогенетическую активность среди всех рассмотренных сортов. Их морфогенетическая активность составила в среднем 95,45%, что является значительно выше, чем у сортов из групп 1, 2 и 3. На каждом экспланте сорта Кивки Аура и Саника формировалось в среднем 5,8 почек и 4,5 побега, что также превышало показатели других сортов. Сорта из группы 3 (Ассоль Елизавета, Онда, Ирма и Олимпия) проявили морфогенетическую активность в среднем на 38,5% выше, чем у сортов из группы 1, и на 20% выше, чем у сортов из группы 2. Среднее количество почек и побегов, сформировавшихся на каждом экспланте данных сортов, составляло 4,5 и 3,5 соответственно. Сорта из группы 2, включая Альбион, Монтерей, Сан Андре, Флоренс, также проявили повышенную морфогенетическую активность по сравнению с сортами из группы 1. Их активность составила в среднем 64%, и на каждом экспланте образовалось около 3,4 почек и 2,5 побега. Сорта из группы 1, включая Богота, Альба, Тея, обладали самой низкой морфогенетической активностью, которая колебалась от 41,7% до 49,2%, со средним значением 45,5%. Учитывая сортоспецифичную реакцию морфогенетической активности, целесообразно разрабатывать технологии для конкретных сортов или групп сортов со схожей реакцией.

Таким образом, сорта земляники садовой Кивки, Аура и Саника обладают наибольшим морфогенетическим потенциалом для эффективного формирования новых органических структур в культуре *in vitro* и могут представлять особый интерес для клонального микроразмножения при коммерческом использовании или в селекционных программах.

Ключевые слова: земляника садовая, клональное микроразмножение, питательная среда, регуляторы роста.

CLONAL MICROPROPAGATION OF GARDEN STRAWBERRY VARIETIES

Batukaev A.A.^{1,2}, Askhabov B.Kh.¹, Batashov T.A.²

¹ Federal State Scientific Institution "Chechen Research Institute of Agriculture", Grozny, Russia

² Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "A.A. Kadyrov Chechen State University", Grozny, Russia

Keywords: garden strawberry, clonal micropropagation, nutrient medium, growth regulators

АБОРИГЕННЫЕ ШТАММЫ ЧЕРНОЗЕМОВ-АНТАГОНИСТЫ ФИТОПАТОГЕНОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Безлер Н.В., Санеева Ю.Н., Федорова О.А.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» (ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова»), Воронеж, Россия

*E-mail: bezler@list.ru

Черноземные почвы характеризуются тем, что их органическая и минеральная части находятся в наиболее оптимальном сочетании. Несмотря на то, что чернозем представляет собой довольно устойчивую природную систему, при производстве сельскохозяйственных культур происходит сильное воздействие на его составные компоненты и на окружающую среду в целом. В результате нарушений в агроэкосистеме отмечается эпифитотийное распространение заболеваний листового аппарата грибной этиологии в посевах сахарной свеклы: церкоспороз (*Cercospora beticola*) и мучнистая роса (*Erysiphe betae*), которые снижают продуктивность культуры. Преждевременные потери ассимиляционной поверхности вызывают затраты пластических веществ корней на новообразование листьев, что влечет за собой снижение урожайности и ухудшает технологические качества корнеплодов. На современном этапе развития сельского хозяйства является актуальной задачей разработка микробиологических препаратов на основе аборигенных штаммов микроорганизмов-антагонистов фитопатогенов.

В процессе работы на начальных этапах определили антагонистическую активность аборигенных штаммов *Bacillus subtilis* 20 и *Bacillus subtilis* 17(8). Под их воздействием выявили высокую степень ограничения роста колоний *Fusarium oxysporum*, *Fusarium avenaceum*, *Alternaria alternata*. Было установлено, что эти штаммы споровых бацилл не обнаруживали фитотоксическое действие по отношению к проросткам сахарной свеклы. В лабораторных условиях показано взаимодействие исследуемых бактерий с проростками сахарной свеклы, и их способность колонизировать корневую систему.

Опрыскивание по листовому аппарату сахарной свеклы суспензией живых культур штаммов *Bacillus subtilis* 20 и *Bacillus subtilis* 17(8) способствовало заселению ими филлопланы. О чем свидетельствует увеличение численности спорообразующих бактерий соответственно в 4-6 раз. Отмечено активное развитие в филлоплане микроорганизмов, принимающих участие в круговороте азота. Благодаря чему, несомненно, улучшались показатели фотосинтетической активности растений.

Опрыскивание этими бактериями посевов способно подавлять развитие болезней листового аппарата сахарной свеклы, таких как альтернариоз, фомоз, эризифоз, церкоспороз и вирусная желтуха. Причем активность аборигенных штаммов была по многим показателям выше по сравнению с эталоном – препаратом "Алирин-Б". *Bacillus subtilis* 17/8 по результативности относительно мучнистой росы и вирусной желтухи значительно превосходила эталон.

Bacillus subtilis 20 и *Bacillus subtilis* 17/8, по-видимому, продуцируют не только антибиотики, но и физиологически активные вещества. Об этом косвенно свидетельствует существенное повышение урожайности корнеплодов по сравнению с препаратом "Алирин-Б". Так, последний повысил урожайность на 30 %, а *Bacillus subtilis* 20 и *Bacillus subtilis* 17/8 – на 62 и 40% соответственно. Это подтверждает перспективность использования этих штаммов для создания биофунгицидов.

Ключевые слова: антагонизм; филлоплана; эпифитотии; сахарная свекла

ABORIGINAL STRAINS OF CHERNOZEM ANTIGONISTS OF SUGAR BEET PHYTOPATHOGENS.

Bezler N.V., Saneeva Yu.N., Fedorova O.A.

All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named after A.L. Mazlumov, Voronezh, Russia

Keywords: antagonistic; phylloplane; epiphytotics; sugar beet

ИЗМЕНЕНИЯ В АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЕ ПОБЕГОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОЙ ЗАСУХИ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН РАЗЛИЧНЫМИ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ

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

Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: berezhneva-z@yandex.ru

Предпосевная обработка семян различными органо-минеральными удобрениями - это доступный и экономически выгодный метод для улучшения урожайности многих сельскохозяйственных культур, в том числе яровой мягкой пшеницы. Целью данной работы является оценка влияния нескольких органо-минеральных удобрений на компоненты антиоксидантной системы в побегах яровой мягкой пшеницы, полученных после предпосевной обработки семян в условиях умеренной засухи. Семена перед посадкой в грунт предварительно замачивались в водной суспензии следующих препаратов: «Агрокор Х» и «Агрокор В» в концентрациях 2 мл/л, «Гуми-20» – 0,75 мл/л, «Жидкая сера» – 1%, «Борная кислота» – 1 г/л в течение 2 часов. Семена после обработки не промывались. Перед началом эксперимента по засухе, растения пшеницы росли в условиях искусственного освещения в течение трех недель при нормальных условиях с двухразовым поливом в неделю. Эксперимент по засухе начинали, когда растения достигли возраста 21 день и продолжали в течение 8 недель. При нормальных условиях растения поливали 2 раза в неделю в объеме 150 мл, а при засухе полив осуществлялся в таком же объеме, но только 1 раз в неделю. По окончании эксперимента, образцы 77-дневных побегов были использованы для биохимического анализа компонентов антиоксидантной системы при засухе. Общая антиоксидантная способность была выше по сравнению с контролем у растений, обработанных препаратами Агрокор В и Гуми-20. Содержание общего растворимого белка было выше по сравнению с контролем у растений пшеницы, обработанных препаратами Гуми-20 и жидкая сера. Содержание водорастворимых сахаров было ниже относительно контроля в побегах, семена которых были обработаны Агрокором В и жидкой серой. Активности ферментов антиоксидантной системы были выше по сравнению с контролем в побегах после предпосевной обработки семян исследуемыми препаратами: гваяколпероксидаза – действие Агрокора Х; глутатион-S-трансфераза – влияние Агрокора В, Агрокора Х, жидкой серы и борной кислоты; супероксиддисмутаза – Агрокор Х, Агрокор В и борная кислота. Также предпосевная обработка семян препаратами Агрокор В и Агрокор Х способствовала уменьшению количества перекиси водорода. Таким образом, предпосевная обработка семян мягкой пшеницы различными органо-минеральными удобрениями улучшает ряд показателей антиоксидантной системы в растущих побегах при умеренной засухе.

Ключевые слова: антиоксидантная система; *Triticum aestivum*; предпосевная обработка семян

CHANGES IN THE ANTIOXIDANT SYSTEM OF BREAD WHEAT SHOOT UNDER MODERATE DROUGHT CONDITIONS WITH PRE-SOWING TREATMENT OF SEEDS WITH VARIOUS ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS

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

Institute of Biochemistry and Genetics UFRC RAS, Ufa, Russia

Keywords: antioxidant system; *Triticum aestivum*; pre-sowing seed treatment

РАЗРАБОТКА ИММУНОАНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДЕТЕКЦИИ ГЕРБИЦИДА АЦЕТОХЛОРА В ПОЧВАХ С АПРОБАЦИЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ ПРОБ

Берлина А.Н.*, Федорова Т.В., Жердев А.В., Дзантиев Б.Б.

Институт биохимии им. А. Н. Баха, Федеральный исследовательский центр

«Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: anberlina@yandex.ru

Загрязнение пахотных земель пестицидами – одна из причин, по которой часть из них становится непригодной для возделывания сельскохозяйственных культур. Для определения степени загрязнения сельскохозяйственной продукции и почв используются различные хроматографические методы, позволяющие детектировать загрязнители различных классов масс-спектрометрически. Однако эти методы непригодны для массового скрининга, имеют ограничения по доступности и квалификации персонала, а стоимость анализа высока. Перспективной альтернативой представляются иммуноаналитические системы, основанные на взаимодействии антиген-антитело, преимуществами которых являются возможность проведения скрининговых обследований, чувствительность и селективность выявления аналита.

Данное исследование включает разработку и апробацию микропланшетной иммуноферментной системы для определения в почве ацетохлора – селективного гербицида, используемого для борьбы с сорняками злаковых культур. Синтезированные производные ацетохлора с карбоксильными группами были конъюгированы с белками-носителями для иммунизации и проведения конкурентного иммуноанализа. Получены поликлональные кроличьи антитела к ацетохлору. Для экстракции ацетохлора из почв использован метод QuEChERS: органические вытяжки упаривали, а сухие остатки растворяли в среде с 10% метанола. Показано, что тип почвы (чернозем, лесная, дерново-подзолистая) определяет степень влияния матрикса проб на результаты иммуноопределения ацетохлора, что требует использования стандартных образцов для построения калибровочной кривой. Подобраны оптимальные условия иммуноферментного анализа ацетохлора, методы пробоподготовки и состав среды для конкурентного взаимодействия, исключая влияние матрикса. Разработанная аналитическая система характеризуется пределом обнаружения ацетохлора 59,4 нг/мл (0,2 мг/кг почвы), рабочий диапазон – от 112 до 965 нг/мл. На основании сравнения степени извлечения аналита из проб, приготовленных различными способами, выбран способ экстракции, позволяющий обнаружить от 88,7 до 117,4% от внесённого количества ацетохлора.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-46-00018.

Ключевые слова: пестицид; иммуноанализ; ацетохлор; почва.

DEVELOPMENT OF AN IMMUNOANALYTICAL TEST-SYSTEM FOR THE DETECTION OF HERBICIDE ACETOCHLOR IN SOILS WITH TESTING OF VARIOUS SAMPLE PREPARATION TECHNIQUES

Berlina A.N.*, Fedorova T.V., Zherdev A.V., Dzantiev B.B.

A.N. Bach Institute of Biochemistry. Research Center of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences Moscow, Russia

The work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, project No. 23-46-00018.

Keywords: pesticide; immunoassay; acetochlor; soil

КОРРОЗИОННО-АКТИВНЫЕ ПРОКАРИОТЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ МЕСТООБИТАНИЙ

Биджиева С.Х.^{1*}, Турова Т.П.¹, Соколова Д.Ш.¹, Семенова Е.М.¹, Круглова А.А.², Майорова Т.А.³, Марданов А.В.⁴, Назина Т.Н.¹

¹ Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского, ФИЦ Биотехнологии РАН;

² ООО «Газпромнефть НТЦ»;

³ Независимый исследователь;

⁴ Институт биоинженерии им. К.Г. Скрыбина, ФИЦ Биотехнологии РАН.

* E-mail: salima.bidjjeva@gmail.com

Одной из важнейших проблем нефтедобывающих предприятий является коррозия металлического оборудования систем водоснабжения. Основными агентами биогенной коррозии, являются сульфидогенные прокариоты, способные провоцировать как общую, так и локальную коррозию. Целью работы было исследование сульфидогенных прокариот в составе микробных сообществ пластовых вод нефтяных пластов и подземных хранилищ газа (ПХГ) и оценка их коррозионного потенциала. Методом высокопроизводительного секвенирования V3-V4 региона гена 16S рРНК было показано, что сульфатовосстанавливающие бактерии (СВБ) родов *Desulfonauticus*, *Desulfogranum*, *Desulfotignum*, *Desulfomicrobium*, *Desulfosporosinus* и *Desulfosalsimonas* в минорном количестве были представлены в водах ПХГ. В пробах пластовой воды из нефтеносных горизонтов преобладали СВБ филума *Desulfobacterota* и бродильные бактерии филумов *Halanaerobiaeota*, *Pseudomonadota* и *Thermotogota*. С использованием базы данных KEGG показан основной вклад в метаболизм серы СВБ родов *Pseudodesulfovibrio*, *Desulfonatovibrionaceae*, *Desulfotignum*, *Desulfosudaceae* и *Desulfoplanes*. В метагеноме *Halomonas* PW155_16 был обнаружен оперон генов *ttrABC*, ответственных за восстановление тетратионата до тиосульфата. Выделены новые штаммы СВБ. Описаны новые виды мезофильных СВБ рода *Pseudodesulfovibrio*, *Desulfoplanes*. Исследованы коррозионные свойства чистых и накопительных культур СВБ. Выделение и исследование штаммов сульфидогенных прокариот расширяет представления о разнообразии представителей пластовой микробиоты, вызывающих коррозию стали. Автохтонные культуры СВБ из промышленных объектов могут быть использованы для оценки эффективности применения различных реагентов (бактерициды, ингибиторы коррозии и др.) на соответствующих объектах.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ и РНФ (грант №21-64-00019).

Ключевые слова: сульфидогенные бактерии, биогенная коррозия

CORROSIVE PROKARYOTES FROM SUBTERRANEAN HABITATS

Bidzhieva S.Kh.^{1*}, Turova T.P.¹, Sokolova D.Sh.¹, Semenova E.M.¹, Kruglova A.A.², Mayorova T.A.³, Mardanov A.V.⁴, Nazina T.N.¹

¹ Winogradsky Institute of Microbiology, Research Center of Biotechnology RAS;

² «Gazpromneft STC»;

³ Independent researcher;

⁴ Skryabin Institute of Bioengineering, Research Center of Biotechnology RAS.

Keywords: sulphidogenic bacteria, biogenic corrosion

АСПЕКТЫ БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ С ПОМОЩЬЮ КОМПЛЕКСНОГО БИОПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ БИОСУРФАКТАНТОВ И МИНЕРАЛЬНОГО НОСИТЕЛЯ

Бикташева Л.Р.*, Ляпина М.А., Гордеев А.С.

Институт экологии, биотехнологии и природопользования, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

*E-mail: biktasheval@mail.ru

В последние годы проблема нефтяного загрязнения береговых линий, стала одной из наиболее острых экологических проблем. Биоремедиация нефтезагрязненных грунтов с помощью микроорганизмов может стать эффективным и безопасным решением данной проблемы. Целью данной работы стала оценка эффективности применения комплексного микробного биопрепаратов для биоремедиации нефтезагрязненного грунта.

В качестве модельного объекта был использован морской песок, искусственно загрязненный нефтью в концентрации 100 мг/кг. Загрязненный грунт подвергался биоремедиации с помощью микробного биопрепарата на основе бактерий рода *Nocardiopsis* sp. 3mo. Для чего производили предварительное культивирования бактерий рода *Nocardiopsis* sp. 3mo в течение 5 суток при температуре 28 °С в минеральной среде с глицерином в качестве источника углерода. В ходе эксперимента в нефтезагрязненный грунт вносили: клетки *Nocardiopsis* sp. 3mo иммобилизованные на цеолитах (образец N), цеолиты модифицированные биосурфактантами выделенными из культуры *Nocardiopsis* sp. 3mo (образец Cn), цеолиты модифицированные биосурфактантами с одновременной иммобилизацией клеток *Nocardiopsis* sp. 3mo (образец NCn). Контролем являлся нефтезагрязненный грунт без добавления микроорганизмов (образец K). Цеолиты были иммобилизованы клетками *Nocardiopsis* sp. 3mo в концентрации 10^7 копий генов/г цеолита. Модификация цеолитов биосурфактантами происходило с помощью погружения их в раствор с концентрацией 0,1%. Эксперимент проводили при комнатной температуре с аэрацией и увлажнением. В ходе процесса биоремедиации проводился мониторинг изменения концентрации углеводов в грунте гравиметрическим методом.

В результате лабораторного эксперимента было установлено, что применение микробных биопрепаратов способствовало снижению уровня загрязнения песчаного грунта во всех случаях. Для образца N в течение 63 суток снижение нефтепродуктов составило 29,3%, Cn – 13,5%, NCn – 37,6%. Анализ фракционного состава нефтепродуктов показал, что в первую очередь уменьшилось содержание ароматических углеводов. Эти результаты подтверждают эффективность применения комплексных биопрепаратов на основе минеральных носителей, клеток и биосурфактантов для биоремедиации загрязненных песчаных грунтов.

Ключевые слова: биоремедиация; биосурфактанты; нефтезагрязненные почвы; цеолит

ASPECTS OF BIOREMEDIATION OF OIL-CONTAMINATED SOILS USING A COMPREHENSIVE BIOPRODUCT BASED ON BIOSURFACTANTS AND A MINERAL CARRIER

Biktasheva L.R.*, Lyapina M.A., Gordeev A.S.

Institute of Ecology, Biotechnology and Nature Management, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Keywords: bioremediation; biosurfactants; oil-contaminated soils; zeolite

РОЛЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДРАЙВЕРОВ В ДИНАМИКЕ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ СУБАРКТИКИ

Бондарев А.И.^{1*}, Липка О.Н.², Алейников А.А.², Андреева А.П.², Крыленко С.В.²

¹ Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов им. А. С. Исаева Российской академии наук, Москва, Россия

² Институт глобального климата и экологии им. академика Ю.А.Израэля, Москва, Россия

*E-mail: abond822@yandex.ru

Современные изменения климата происходят с беспрецедентной скоростью, многократно превышающей способности природных систем эволюционировать. Глобальная среднегодовая температура повышается со скоростью 0,2°C/10 лет, на территории России скорость еще выше – 0,5°C/10 лет, а в Арктической зоне может достигать 0,8°C/10 лет и более.

Быстрое потепление Арктики способствует продвижению кустарниковой и древесной растительности лесотундрового экотона (ЛТЭ) на север, а также увеличению продуктивности экосистем. Быстрота происходящих климатических изменений предопределяет актуальность исследования реакции растительных экосистем и возможности их адаптации.

Исследования проводились на территории участка «Лукунский» Таймырского государственного биосферного заповедника, редины и редколесья которого из лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) формируют зональную границу древесной растительности в Северном полушарии, достигая широты 72.5°.

Климатические данные анализировались по метеостанции Хатанга, расположенной в 110 км в юго-восточном направлении от изучаемого участка за период 1950-2023 гг. Среди факторов, определяющих климатические изменения, выявлены следующие: подекадное увеличение средней температуры воздуха составило +2,9 °C, летней (июнь - август) - +1,5 °C, сумма положительных температур увеличилась на 29%, а сумма активных температур - на 33%, продолжительность периода с положительными температурами увеличилась на 17%, а периода с активными температурами на 33%.

Изучение динамики древесной растительности проводилось на 10 постоянных пробных площадях с повторностью измерений в 31 год (1990-2021 гг.). Согласно полученным результатам отмечено кратное (в разы) увеличение количества возобновления в редирах, причем произошедшее за последнее 10-летие, в редколесьях динамика возобновления носит разнонаправленный характер: на части произошло увеличение, на части - уменьшение количества возобновления; в структуре подроста абсолютно преобладает возобновление семенного происхождения. Большинство древостоев находятся в стадии активного генезиса, при котором поступление новых особей превалирует над отпадом; среднее количество новых экземпляров в составе древесного яруса составило 100 ± 70 экз.га⁻¹, что эквивалентно увеличению на $31 \pm 20\%$; отмечается процесс перехода древостоев из категории редины в категорию редколесий в результате активного поступления новых экземпляров в состав древесного яруса.

Ключевые слова: Лиственница Гмелина; полуостров Таймыр; северная граница древесной растительности; изменение климата.

THE ROLE OF CLIMATIC DRIVERS IN THE DYNAMICS OF WOODY VEGETATION IN THE SUBARCTIC

Bondarev A.I.^{1*}, Lipka O.N.², Aleynikov A.A.², Andreeva A.P.², Krylenko S.V.²

¹ Isaev Centre for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² Yu.A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia

Keywords: Gmelin larch; Taimyr Peninsula; northern limit of tree vegetation; climate change

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСА ВОДОРАСТВОРИМЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ВЫРУБОК

Бондаренко Н.Н.*, Кызьюрова Е.В., Новаковский А.Б.

Институт биологии Коми научного центра уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар, Россия

*E-mail: BondNikropolNik@mail.ru

Вырубка лесов одна из экологических проблем современности. Процесс естественного восстановления древесной растительности сопровождается изменением физических и химических параметров почв. Устойчивость почв к антропогенному влиянию связана с качественными и количественными характеристиками почвенного органического вещества (ПОВ). Наиболее мобильная и динамичная часть ПОВ - водорастворимые органические соединения (ВОС). Цель исследования: оценить влияние вырубок и климатических параметров года на формирования комплекса низкомолекулярных ВОС подстильно-торфяных горизонтов.

Объектами исследования послужили лесные подстилки ельника чернично-зеленомошного (ПП-1) и произвольных разновозрастных лиственно-хвойных биоценозов, сформировавшихся после сплошнолесосечных рубок 2001-2002гг (ПП-2) и 1969-1970гг (ПП-3). Актуальную кислотность измеряли потенциометрически. В соответствии с аттестованной методикой No 88-17641-94-2009 определяли $\omega(\text{Сорг})$. Определение $\omega(\text{Свос})$ в водных вытяжках проводили с использованием метода высокотемпературного каталитического окисления на анализаторе общего углерода ТОС VCPH. Массовую концентрацию низкомолекулярных ВОС оценивали методом газовой хроматографии и хромато-массспектрометрии (ГХ/МС). Сравнение проводили между двумя годами отличными по температурному режиму и количеству осадков.

В формировании лесных подстилок участков ПП-1 и ПП-2 основной вклад вносят компоненты хвойного опада и продукты деструкции мхов. Участок ПП-3 характеризуется грубо гумусной подстилкой, верхняя часть которой представлена листовыми пластинками осины и березы, что приводит к достоверному снижению показателя pH. Содержание $\omega(\text{Сорг})$ исследуемых участков сопоставимо, в отличие от содержания $\omega(\text{Свос})$, динамика которого существенно варьирует как от давности проведения рубок, так и от климатических условий года. Идентифицировано 30 индивидуальных ВОС: низкомолекулярные органические кислоты, сахара, спирты. В составе ВОС всех участков доля сахаров максимальна. При повышении температуры и дефиците осадков доля идентифицированных кислот и спиртов снижается в 13.1 и 2.3 раза соответственно. Менее восприимчивым к смене погодных условий является комплекс ВОС формирующийся на участке ПП-3.

В типичных климатических условиях решающим фактором, влияющим на распределение и накопление компонентов ВОС, является антропогенное воздействие, в условиях повышенных температур с резким дефицитом осадков большее влияние оказывает схожесть растительного покрова и поступающих органических остатков.

Ключевые слова: органическое вещество почв; климатические параметры года.

FEATURES OF THE FORMATION COMOLEX OF WATER-SOLUBLE ORGANIC COMPOUNDS OF PODZOLIC SOILS OF CLEARING FELLING

Bondarenko N.N., Kyzuyrova E.V., Novakovsky A.B.

Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktывkar, Russia

Keywords: soil organic matter; climatic parameters of the year

ФЕНОМИКА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ ФИТОБИОМА

Бурсаков С.А.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ),
Москва, Россия

E-mail: sergeymoscu@gmail.com

Современная биотехнология растений столкнулась с парадоксом: ускоренные методы селекции, такие как speed breeding, радикально сокращают время создания новых линий, но создают стрессовые условия, ограничивающие реализацию генетического потенциала. Ключом к разрешению этого противоречия может стать целенаправленная модуляция фитобиома. Данная работа рассматривает возможности технологий цифрового фенотипирования (феномики) для оценки эффективности и механизмов действия полезных микроорганизмов в этих экстремальных условиях на примере селекции сои. Методологической основой послужил анализ научных публикаций и патентов. Использовались феномные платформы: 3D-сканер, тепловизор и гиперспектральная камера. Гиперспектральный анализ позволяет выявлять невидимые глазу изменения в пигментном составе и гидратации листа, служащие ранними маркерами стрессового отклика и эффективности симбиоза с клубеньковыми бактериями у сои. Феномика обеспечивает неинвазивный мониторинг признаков, раскрывая динамику взаимодействий в системе «растение-микроорганизм», включая архитектуру корневой системы, транспорт воды и нутриентов. Для селекции сои на белок маркер-опосредованная селекция со speed breeding и феномная оценка позволяют ускорить отбор перспективных линий. Интеграция феномных данных с мультиомиксными подходами открывает путь к цифровому прогнозированию эффективности микробных штаммов для конкретных генотипов. В speed breeding интродукция микробных консорциумов может смягчать стресс, обеспечивая стабильное развитие растений.

Выводы: Практическое применение полезных микроорганизмов переходит из области эмпирики в сферу точного прогнозируемого биотехнологического дизайна. Феномика представляет собой мощный инструмент для высокочастотного скрининга и валидации эффективности штаммов-кандидатов. Подход на основе машинного обучения для анализа феномных данных направлен на идентификацию пар «генотип-микробный штамм» для повышения урожайности и устойчивости сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: феномика; цифровое фенотипирование; фитобиом; speed breeding; соя; растительно-микробные взаимодействия.

PHENOMICS FOR ASSESSING THE INTERACTION OF PLANTS AND MICROORGANISMS OF THE PHYTOBIOME

Bursakov S.A.

All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

Keywords: phenomics; digital phenotyping; phytobiome; speed breeding; plant-microbe interactions; soybean

СВЯЗЫВАНИЕ АБСЦИЗОЙ КИСЛОТЫ ЛИПИД-ТРАНСПОРТИРУЮЩИМИ БЕЛКАМИ ГОРОХА *IN VIVO*

Вафина Г.Х.¹, Ахиярова Г.Р.¹, Коробова А.В.¹, Финкина Е.И.², Кудоярова Г.Р.^{1*}

¹ Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² ГНЦ РФ Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А.Овчинникова РАН, Москва, Россия

* E-mail: kudoyarova1953@yandex.ru

Растительные липид-транспортующие белки (ЛТБ) принадлежат семейству небольших широко распространенных белков, характеризующихся наличием гидрофобной впадины и осуществляющих связывание и транспорт строительных и сигнальных липидов, вторичных метаболитов и фитогормонов внутри клеток, в межклеточном пространстве, а также по сосудам флоэмы и ксилемы. С помощью иммуногистохимии нами было показано, что паттерн локализации АБК в клеточных стенках флоэмы совпадает с локализацией ЛТБ на срезах корней гороха (Akhiyarova et al., 2021) и указывает на возможное связывание АБК этими белками. Для подтверждения способности растительных ЛТБ связываться с АБК в водном растворе *in vitro* было проведено исследование с использованием 2-п-толуидинилнафталин-6-сульфоната (ТНС), который интенсивно флуоресцирует только в гидрофобном окружении (Akhiyarova et al., 2021). При добавлении рекомбинантного ЛТБ гороха к смеси ТНС и АБК флуоресценция ТНС снижалась по сравнению с его свечением в отсутствие АБК, что указывает на способность АБК образовывать комплексы с молекулами ЛТБ, предотвращая связывание ТНС. Вместе с тем, связывание ЛТБ с лигандами *in vitro* не всегда может должным образом отражать их взаимодействие *in vivo*. Целью нашей работы было выявление присутствия комплексов АБК с ЛТБ в белковом экстракте из семян гороха. Объектом исследования служили семена гороха (*Pisum sativum* L, сорт Сахарный 2). К белковому экстракту из семян гороха, который был получен как описано в (Bogdanov et al., 2016) и содержал ЛТБ, добавляли сыворотку, содержащую поликлональные кроличьи антитела к ЛТБ чечевицы, перекрестно реагирующие с ЛТБ гороха, и инкубировали в течение ночи на холоду с последующим осаждением образовавшихся белковых комплексов. Выделение АБК проводили с помощью эфирной экстракции. Идентификацию АБК в полученном экстракте проводили методом твердофазного иммуноферментного анализа. В осажденных комплексах ЛТБ со специфическими поликлональными антителами удалось обнаружить АБК, что свидетельствует о способности белков класса ЛТБ связывать данный растительный гормон *in vivo*. Ранее, с помощью Вестерн блоттинга мы обнаружили белки класса ЛТБ в ксилемном соке растений гороха (Vafina et al., 2024). Хорошо известно, что АБК, поступающая с ксилемным соком из корней растений, выступает в качестве сигнала дефицита воды в почве и обеспечивает закрытие устьиц. Полученные нами результаты свидетельствуют о том, что по ксилеме АБК может транспортироваться в комплексе с ЛТБ.

Ключевые слова: липид-транспортующие белки; абсцизовая кислота; *Pisum sativum* L.

ABSCISE ACID BINDING BY PEA LIPID TRANSFER PROTEIN *IN VIVO*

Vafina G.H.¹, Akhiyarova G.R.¹, Korobova A.V.¹, Finkina E.I.¹, Kudoyarova G.R.¹

¹ Ufa Federal Research Centre, Ufa Institute of Biology, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

² M.M. Shemyakin and Yu.A. Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Keywords: lipid transfer proteins; abscisic acid; *Pisum sativum* L.

ВКЛАД АЛКИЛРЕЗОРЦИНОВ НА СТИМУЛИРУЮЩИЕ РОСТ РАСТЕНИЙ СВОЙСТВА ПОЧВЕННЫХ ШТАММОВ ПСЕВДОМОНАД

Вершинина З.Р. ^{1,2*}, Чубукова О.В. ^{1,2}, Хакимова Л.Р. ^{1,2}, Лавина А.М. ¹,
Бигалеева А.Ш. ², Матниязов Р.Т. ¹, Садыкова Р.М. ²

¹ Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

² ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

*E-mail: zilyaver@mail.ru

Целью исследования являлось получение рекомбинантных штаммов *Pseudomonas chlororaphis* spp. со сверхэкспрессией генов *darA* и *darB*, участвующих в синтезе 2-гексил, 5-пропилрезорцина (HPR), и изучение перспектив их применения в сельском хозяйстве для защиты растений от фитопатогенных грибов.

Векторными конструкциями pJN105darA и pJN105darB, несущими под регуляцией конститутивного T5 промотора гены *darA* и *darB* соответственно, были трансформированы штаммы *Pseudomonas chlororaphis* B-9444 и *P. chlororaphis* ИБ 51. Для рекомбинантных штаммов *Pseudomonas chlororaphis* B-9444 было колориметрически подтверждено увеличение выработки алкилрезорцинов, что впоследствии приводило к увеличению эффективности образования биопленок и усилению фунгистатической активности. Эксперименты по обработке семян яровой мягкой пшеницы сорта Экада 70 исходными и трансформированными штаммами *P. chlororaphis* spp. совместно с фитопатогенным грибом *Bipolaris sorokiniana* показали, что присутствие в ризосфере изучаемых штаммов позволяет полностью ингибировать рост фитопатогенных грибов, однако усиленная колонизация корней, вызванная выработкой алкилрезорцинов, может привести к негативному воздействию на ростовые параметры растений.

Полученные данные демонстрируют факт, что изучение генов *dar* у *Pseudomonas chlororaphis* не только актуально в рамках проектов, посвященных защите сельскохозяйственных растений от болезней, но и в фундаментальных исследованиях факторов формирования биопленок псевдомонадами, критичных для эффективной колонизации ризосферы.

Ключевые слова: *Pseudomonas*; алкилрезорцины; фитопатогенные грибы.

CONTRIBUTION OF ALKYLRESORCINOLS TO THE PLANT GROWTH- STIMULATING PROPERTIES OF SOIL STRAINS OF PSEUDOMONAS

Vershinina Z.R. ^{1,2*}, Chubukova O.V. ^{1,2}, Khakimova L.R. ^{1,2}, Lavina A.M. ¹,
Bigaleeva A.Sh. ², Matnyazov R.T. ¹, Sadykova R.M. ²

¹ Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa, Russia

² Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

Keywords: *Pseudomonas*; alkylresorcinols; phytopathogenic fungi

ЭНДОФИТНЫЕ БАКТЕРИИ *BACILLUS* SPP. РЕГУЛИРУЮТ РАБОТУ ПРО- /АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ ТОМАТОВ (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) ПРИ ИНДУКЦИИ УСТОЙЧИВОСТИ К ВИРУСАМ

Веселова С.В.*, Сорокань А.В., Румянцев С.Д., Максимов И.В.

Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Уфа, Россия

*E-mail: veselova75@rambler.ru

Наиболее перспективным и экологически безопасным методом борьбы с вирусными заболеваниями растений в настоящее время считается использование стимулирующих рост растений бактерий (СРРБ) и их метаболитов, которые могут проявлять как прямую противовирусную активность, так и стимулировать защитные механизмы растений-хозяев, запуская индуцированную системную устойчивость (СИУ). СИУ, опосредованная СРРБ, характеризуется быстрой генерацией активных форм кислорода (АФК), индукцией экспрессии генов защитных сигнальных путей, изменениями в содержании фитогормонов и синтезом различных метаболитов. В данной работе обнаружена способность эндофитных бактерий *Bacillus* spp. штаммы 26Д, Ttl1, Psibg и M66 подавлять размножение Y вируса картофеля (YBK) на растениях томатов (*Solanum lycopersicum* L.) и стимулировать рост инфицированных растений за счет регуляции окислительно-восстановительного баланса. Бактериальные штаммы 26Д, Ttl1, Psibg и M66 снижали титр YBK у растений томатов, восстанавливали их рост до контрольных значений, что сопровождалось уменьшением симптомов и тяжести заболевания. YBK нарушал окислительно-восстановительный баланс растений для своего развития, но обработка бактериальными штаммами регулировала генерацию супероксид радикала и перекиси водорода и влияла на активность каталазы и пероксидаз растений томатов, инфицированных YBK. Бактериальные штаммы *B. velezensis* M66 и *B. amyloliquefaciens* Ttl1 сильнее остальных активировали защитные механизмы растений и индуцировали устойчивость томатов к YBK. Таким образом, обнаружены новые перспективные штаммы эндофитных бактерий рода *Basillus*, которые могут стать основой будущих биопрепаратов для защиты растений томатов от вирусных заболеваний.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00025.

Ключевые слова: *Bacillus* spp.; Y вирус картофеля; каталаза; перекись водорода; пероксидаза; системная индуцированная устойчивость.

ENDOPHYTIC BACTERIA *BACILLUS* SPP. REGULATE THE FUNCTIONING OF THE PRO-/ANTIOXIDANT SYSTEM OF TOMATO PLANTS (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) IN THE INDUCTION OF RESISTANCE TO VIRUSES

Veselova S.V. *, Sorokan A.V., Rumyantsev S.D., Maksimov I.V.

Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Ufa, 450054 Russia

Keywords: *Bacillus* spp.; potato virus Y; catalase; hydrogen peroxide; peroxidase; systemic induced resistance

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОВРЕЖДЕНИИ ФРЕСОК СОФИЙСКОГО СОБОРА ВОЛОГОДСКОГО КРЕМЛЯ

Власов А.Д.^{1*}, Зеленская М.С.², Власов Д.Ю.^{2,3}

¹ Санкт-Петербургский филиал архива Российской Академии Наук, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

³ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: alex_vlasov@mail.ru

Настенная живопись в памятниках архитектуры может подвергаться деструктивному воздействию микроорганизмов. В числе деструкторов настенной живописи чаще всего упоминаются бактерии и микроскопические грибы.

Данная работа посвящена выявлению возможных причин возникновения поверхностной патины на фресках Софийского собора Вологодского кремля. С этой целью был изучен состав сообщества микроорганизмов на поверхности живописи, а также в воздушной среде Собора. Отбор проб проводился неповреждающими методами под контролем сотрудников Вологодского музея-заповедника, которым авторы выражают благодарность за содействие в работе. Особое внимание было уделено белесой патине, покрывающей стены с фресковой живописью на значительной площади. Выделенные микроорганизмы были идентифицированы по морфологическим признакам и молекулярным маркерам.

Поскольку образование белесой патины на поверхности фресок может быть связано с активностью микроорганизмов, приводящей к отложению вторичного кальцита (подобная картина известна на фресках в Италии), были проведены эксперименты по оценке способности выделенных микроорганизмов (бактерий и микроскопических грибов) к образованию кальцита. Сканирующую электронную микроскопию использовали для выявления и описания кристаллических структур кальцита, образовавшихся в модельных системах с грибами и бактериями.

В результате проведенных исследований было показано, что выделенные микроорганизмы (грибы и бактерии) способны к образованию вторичного кальцита. В пробах с поверхности фресок доминировала бактерия *Bacillus siamensis*. Выделенный штамм *B. siamensis* проявил наибольшую кальцифицирующую активность в моделируемых условиях. При этом глобулы формирующегося кальцита были значительно крупнее, чем в случае с грибами. Процесс кристаллизации кальцита зависел от pH и состава питательной среды. Полученные данные позволяют говорить о возможной роли микроорганизмов в формировании поверхностных отложений на фресках Софийского собора.

Ключевые слова: биоповреждения; фрески; биоминерализация; микромицеты; бактерии

THE ROLE OF MICROORGANISMS IN THE DAMAGE OF FRESCOES OF ST. SOPHIA CATHEDRAL (VOLOGDA KREMLIN)

Vlasov A.D.¹, Zelenskaya M.S.², Vlasov D.Yu.^{2,3}

¹ St. Petersburg branch of the archive of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

² St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³ V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Keywords: biodamage; frescoes; biomineralization; micromycetes; bacteria

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ПОВРЕЖДЕНИИ ПАМЯТНИКОВ НАСКАЛЬНОГО ИСКУССТВА

Власов Д.Ю.^{1, 2*}, Панова Е.Г.¹, Лобанова Н.В.³

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

³ Центр по управлению петроглифами Карелии, Петрозаводск, Россия

*E-mail: dmitry.vlasov@mail.ru

На территории России известно множество уникальных памятников наскального искусства. Они встречаются на различных горных породах, находятся в разнообразных климатических условиях и подвергаются процессам физического, химического и биологического выветривания. Сохранение этих памятников является важнейшей научно-практической задачей.

Особую опасность для наскальных изображений представляют биологические объекты, поселяющиеся на памятниках. Это лишайники, цианобактерии, органотрофные и литотрофные бактерии, микроскопические грибы и водоросли, а также споровые и семенные растения. Перечисленные организмы нередко образуют сложные сообщества, вступают в многообразные взаимоотношения друг с другом и с каменистым субстратом, на который нанесены петроглифы. Чаще всего на плоскостях с петроглифами развиваются биопленки сложного состава, которые наиболее устойчивы к внешним воздействиям, способны развиваться продолжительное время, вызывая трансформацию поверхностного слоя камня.

Накопленные данные указывают на комплексность внешних воздействий на памятники наскального искусства, которые являются частью природных экосистем. Состояние поверхности горной породы и окружающие условия во многом определяют характер заселения памятников наскального искусства литобионтными организмами. Покрывая поверхность камня, они чаще всего вызывают повреждение подстилающей породы, однако в ряде случаев способны сдерживать деструктивные процессы.

Исследования последних лет в Западной и Южной Сибири сейчас активно продолжаются на петроглифах Карелии (объект ЮНЕСКО), что позволяет сравнивать полученные данные для разных регионов. Несмотря на очевидные различия в составе биообрастаний, можно говорить об общих закономерностях биологической колонизации плоскостей с петроглифами, которые необходимо анализировать на основе мониторинговых исследований с использованием комплекса полевых и лабораторных методов. В целом, полученные данные указывают на необходимость комплексного научного подхода для сохранения памятников наскального искусства и их защиты от биологических повреждений.

Ключевые слова: биоповреждения; петроглифы; литобионтные сообщества; мониторинг.

BIOLOGICAL FACTOR IN DAMAGE OF ROCK ART MONUMENTS

Vlasov D.Yu.^{1, 2*}, Panova E.G.¹, Lobanova N.V.³

¹ Saint Petersburg State University, St Petersburg, Russia

² V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, St Petersburg, Russia

³ Karelia Petroglyph Management Center, Petrozavodsk, Russia

Keywords: biodamage; petroglyphs; lithobiont communities; monitoring

ВКЛАД ПРОФЕССОРА В.Н. ЖОЛКЕВИЧА В МИРОВУЮ НАУКУ: ЗАГАДОЧНЫЕ АСПЕКТЫ ПЕРЕНОСА ВОДЫ В РАСТЕНИЯХ

Волков В.С. ^{1,2}

¹ Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, 127276, Россия

² Факультет растениеводства Калифорнийского университета, Дэвис, Калифорния 95616, США

E-mail: vadim.s.volkov@gmail.com; vvolkov@ucdavis.edu

CONTRIBUTION OF PROFESSOR V.N. ZHOLKEVICH TO THE WORLD SCIENCE: THE PUZZLING ASPECTS OF WATER TRANSPORT IN PLANTS

Volkov V.S. ^{1,2}

¹ K.A. Timiriazev Institute of Plant Physiology RAS, 35 Botanicheskaya St., Moscow 127276, Russia

² Department of Plant Sciences, University of California, Davis, CA 95616, USA

The works of Professor Vladimir Nikolaevich Zholkevich over several decades were devoted to the complex physiological aspects of water transport in plants roots, nature of root pressure and exudation, involvement of cell contractile and sensing systems in water transport processes, oscillating and periodic processes in plant water transport. His main attention was aimed at understanding the mechanisms behind the still not deciphered phenomenon of root pressure. The phenomenon was quantitatively documented by Hales in 1727; it remains one of the unsolved mysteries in plants science. The main results of Professor V. N. Zholkevich who led his colleagues and numerous students are given in the brief list of published papers which reflect his contribution to the world science and progress in the area. His scientific heritage is further developed by his former students and followers on the difficult and interesting path of scientific knowledge.

References

1. Hales, S. Vegetable Staticks; W. and J. Innys: London, UK, 1727; <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003548478-3/vegetable-staticks-stephen-hales>
2. Zholkevich, V.N. Water Transport in Root Systems and the Nature of Root Pressure. In: Water and Ions in Biological Systems; Pullman, A., Vasilescu, V., Packer, L., Eds.; Springer: Boston, MA, 1985; https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0424-9_42
3. Zholkevich, V.N. Root pressure. In: Plant Roots, the Hidden Half; Waisel, Y., Eshel, A., Kafkafi, U., Eds.; Marcel-Dekker: New York, NY, USA, 1991; pp. 589–603.
4. Zholkevich, V.N.; Chugunova, T.V.; Korolev, A.V. New data on the nature of root pressure. Stud. Biophys. 1990, 136, 209–216.
5. Volkov, V.S.; Zholkevich, V.N. Exudation parameters depending on spatial orientation of root segments of Zea mays L. Dokl. Akad. Nauk 1993, 332, 526–528.
6. Zholkevich, V.N.; Korolev, A.V. Air-dried roots as a model for studying the nature of root pressure. Dokl. Biol. Sci. 1995, 344, 481–483.
7. Zholkevich, V.N.; Zubkova, N.K.; Korolev, A.V. Effect of colchicine and noradrenaline on the exudate secretion by Helianthus annuus L. roots in the absence of water uptake from an environment. Dokl. Akad. Nauk. 1998, 359, 551–553.
8. Zholkevich, V.N.; Sushchenko, S.V.; Emel'yanova, I.B.; Monakhova, O.F. Peculiarities of root exudation in the absence of water uptake. Dokl. Biol. Sci. 2005, 400, 42–44.
9. Zholkevich, V.N.; Puzakov, M.M.; Monakhova, O.F. The involvement of actin in the formation of root pressure. Dokl. Biochem. Biophys. 2001, 380, 332–335.
10. Zholkevich, V.N.; Popova, M.S.; Zhukovskaya, N.V. Stimulatory effects of adrenalin and noradrenalin on root water-pumping activity and the involvement of G-proteins. Russ. J. Plant Physiol. 2007, 54, 790–796.
11. Dustmamatov AG, Zholkevich VN. HgCl₂, an inhibitor of aquaporins, enhances root water-pumping activity. Dokl Biol Sci. 2008, 421, 262–265. <https://doi.org/10.1134/s0012496608040121>
12. Volkov, V.; Schwenke, H. A Quest for Mechanisms of Plant Root Exudation Brings New Results and Models, 300 Years after Hales. Plants 2021, 10, 38. <https://doi.org/10.3390/plants10010038>

Keywords: plant water transport; root pressure; exudation; aquaporins; ion channels

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УТИЛИЗАЦИИ КРУПНОТОННАЖНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ АГРОМЕЛИОРАНТОВ

Габбасова И.М.*, Гарипов Т.Т., Комиссаров М.А., Сулейманов Р.Р., Сидорова Л.В.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: gimib@mail.ru

Утилизация крупнотоннажных отходов, таких как осадки коммунальных сточных вод (ОСВ), фосфогипс, птичий помёт, сапропель, сплавина и др., является важной экологической проблемой региона. Многие из них содержат не только органический углерод, азот, фосфор, калий, кальций и ряд микроэлементов, внесение которых в почву способствует улучшению не только её питательного режима, но и водно-физических свойства. В серии полевых и лабораторных исследований на разных типах почв показана перспективность их применения в сельском хозяйстве в качестве агромелиорантов. Вместе с тем, эти отходы могут содержать в своем составе токсичные вещества, поэтому важным аспектом является определение оптимальных доз и сочетаний разных отходов, которые не приводят к загрязнению почв.

В 4-летнем полевом опыте на эродированном чернозёме выщелоченном использование удобрения на основе птичьего помёта и спластины в дозах от 40 до 120 т/га привело к увеличению содержания гумуса на 3-18 % по сравнению с контролем. Последствие проявлялось в течение трех лет на азотное состояние почвы, а на содержание подвижных форм фосфора и калия – четырех. Добавление к помёту 3,6 т/га спластины способствовало улучшению свойств почвы и увеличению урожайности культур. При необходимости утилизации избыточного количества помёта его наиболее высокие дозы даже в год внесения не привело к накоплению нитратов и тяжелыми металлами (ТМ) в клубнях картофеля выше допустимого уровня. Совместное внесение фосфогипса и помёта в почву способствовало увеличению запасов влаги, разуплотнению, улучшению структуры и её водопрочности, повышению гумусированности почвы, содержания доступных форм азота, фосфора и калия; при этом возрастало не только плодородие почвы и урожайность, но и противозерозионная устойчивость. При этом на уровне следов оставалось содержание As, Cd, Hg и Se (1-й класс токсичности); Mo и Sb (2-й класс); W и V (3-й класс), практически не изменилось – Zn, Ni, Cu, Ba и Mn, и только содержание Pb, Co, Cr и Sr возрастало при внесении повышенных доз удобрений, оставаясь значительно ниже ПДК. Использование ОСВ в сочетании с различными добавками в качестве удобрений в дозах 5 и 10 т/га также способствовало повышению в слабозероированном черноземе содержания гумуса на 2,2-7,5 %, щелочногидролизующего азота – на 14-20 %; а в среднезероированном – на 7-16 % и 27-34 %, соответственно. Обеспеченность почвы подвижным фосфором увеличилась до «высокой», степень его подвижности – от «низкой» до «средней» и «высокой». Эффективность добавок возрастала в ряду: фосфогипс – солома – сапропель – кизельгур.

При внесении в почву ОСВ и фосфогипса как отдельно, так и в комплексе с другими отходами, не произошло загрязнение почв ТМ (As, Cd, Pb, Hg, Se, Zn, Ni, Cu, Mn, Co, Cr, Sr, Ba, Mo, Sb, W, V и Fe) нитратами, токсичными веществами (бенз(а)пиреном, бором) и патогенными микроорганизмами (бактериями группы кишечной палочки, энтерококками, сальмонеллой, цистами патогенных кишечных простейших и яйцами гельминтов).

Ключевые слова: утилизация отходов; осадки сточных вод; фосфогипс; помёт; сплавина.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE DISPOSAL OF LARGE-TONNAGE WASTE AS AGROMELIORANTS

Gabbasova I.M., Garipov T.T., Komissarov M.A., Suleymanov R.R., Sidorova L.V.

Ufa Institute of Biology, UFIC RAS, Ufa, Russia

Keywords: waste disposal; sewage sludge; phosphogypsum; manure; marsh plants

ВЛИЯНИЕ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ СИСТЕМЫ РНК-ИНТЕРФЕРЕНЦИИ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ИНФИЦИРОВАНИЯ ВОЗБУДИТЕЛЕМ ФИТОФТОРОЗА

Габдрахманова В.Ф.*, Сорокань А.В., Максимов И.В.

Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: gabdrakhmanovavenera@gmail.com

Фитофтороз – разрушительное заболевание, вызываемое оомицетом *Phytophthora infestans*, в борьбе с которым распространено применение пестицидов, загрязняющих окружающую среду. В связи с этим необходимы альтернативные пути борьбы с болезнью. Эндوفитные бактерии считаются одним из таких агентов биоконтроля, оказывающим защитное воздействие на растения в том числе на иммунные процессы, к которым относится и механизм РНК-интерференции (РНКи), что требует дальнейшего изучения.

В ходе исследования двухнедельные стерильные пробирочные растения картофеля сорта Ранняя Роза обрабатывались эндوفитными бактериями *Bacillus subtilis* 26Д и *Bacillus velezensis* М66 и инфицировались спорами оомицетов штаммов *P. infestans* Sn и *P. infestans* 1840 спустя 7 дней. Через 24 ч. выделялась РНК для дальнейшего исследования экспрессии генов при помощи ПЦР в режиме реального времени. На 10 сутки после инфицирования проводилась фотофиксация проявления симптомов фитофтороза на листьях.

B. subtilis 26Д и *B. velezensis* М66 снижали площадь проявления симптомов заболевания на искусственно инфицированных листьях. Экспрессия гена *ago10b* не менялась, а *ago15* усиливалась при инфицировании штаммами Sn и 1840 на 30% и 37% соответственно, а при предварительной обработке *B. subtilis* 26Д почти в два раза по сравнению с контролем при инфицировании *P. infestans* 1840. Обработка *B. velezensis* М66, как и *P. infestans* 1840 снижали экспрессию гена *ago1a* на 30% и 25%, а предварительная обработка штаммами М66 и 26Д при инфицировании *P. infestans* 1840 усиливала на 20% и 40% соответственно, тогда как инокуляция штаммом М66 и спорами *P. infestans* Sn на 30%. *B. velezensis* М66 увеличивал количество транскриптов гена *dcl2a* на 50% в том числе и при обработке спорами *P. infestans* 1840, а при инфицировании *P. infestans* Sn уменьшал на 60%. Штамм 1840 подавлял экспрессию гена *dcl3a* на 70%, а предварительная обработка штаммами М66 и 26Д приводила этот показатель к контрольным. Обработка штаммами 26Д и М66 значительно усиливала транскрипционную активность гена *dcl4* при инфицировании *P. infestans* 1840. *B. velezensis* М66 при обработке спорами *P. infestans* Sn повышала экспрессию гена *rdr2* на 55%, а инфицирование штаммом 1840 в том числе при инокуляции *B. subtilis* 26Д на 35% и 80% соответственно. *B. subtilis* 26Д увеличивала транскрипционную активность гена *rdr6* на 45%, как и в условиях инфицирования штаммом 1840, а при обработке спорами *P. infestans* Sn снижала на 20% по сравнению с контролем. Инокуляция *B. velezensis* М66 усиливала экспрессию гена *rdr6* при инфицировании *P. infestans* Sn на 35%, а при 1840 почти вдвое.

Таким образом, при повышении устойчивости растений, показано влияние *B. subtilis* 26Д и *B. velezensis* М66 на экспрессию генов компонентов системы РНКи.

Работа была выполнена в рамках проекта РНФ № 24-26-00025.

Ключевые слова: РНК-интерференция; эндوفиты; фитофтороз

EFFECT OF ENDOPHYTIC BACTERIA ON THE EXPRESSION OF POTATO RNA-INTERFERENCE SYSTEM GENES DURING LATE BLIGHT INFECTION

Gabdrakhmanova V.F. *, Sorokan A.V., Maksimov I.V.

Institute of Biochemistry and Genetics, UFRC RAS, Ufa, Russia

Keywords: RNA-interference; endophytic bacteria; late blight

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В ГИДРОПОННЫХ СИСТЕМАХ

Гайсина Л.А.^{1, 2*}, Муфазалова А.С.¹, Хилажетдинова Л.Б.¹, Ухаткина К.Б.¹, Ван Эрпп И.И.¹, Махмутов А.Р.³, Сущенко Р.З.⁴, Ренганатхан П.¹, Назаров Д.К.¹, Гайсина К.Р.⁵, Суханова Н.В.¹

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы»;

² ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»;

³ ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»;

⁴ ФГБНУ «Федеральный научный центр Биоразнообразия ДВО РАН»;

⁵ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет».

*E-mail: lira.gaisina@mail.ru

Оценка ростостимулирующего действия водорослей и цианобактерий при гидропонном выращивании овощей является актуальной задачей биотехнологии.

Исследовали ростостимулирующую активность 20 штаммов водорослей и цианобактерий преимущественно из коллекции BCAC на растения огурца посевного сорта «Кураж» F1. Эксперименты проводили согласно методике, описанной ранее (Vildanova et al., 2023). Штаммы выращивали на среде Z8 (Carmichael, 1986) с модификациями. В экспериментах использовали суспензии водорослей и цианобактерий концентрацией не менее 10^6 клеток в 1 мл суспензии. Исследовали влияние штаммов микроорганизмов на длину проростков и корней, длину и ширину листьев, сырую и сухую биомассу растений. Продолжительность экспериментов составляла 20 дней. Повторность была равна 5. Контролем служила среда Z8. При статистическом анализе для попарного сравнения контрольной и опытных групп использовали критерий Манна-Уитни.

Установлено, что из 20 изученных штаммов 10 штаммов проявили ростостимулирующее действие. BCAC 43 *Chlorella sorokiniana* (аутентичный штамм), GSM *Dictyochloropsis reticulata* стимулировали длину проростков и сырую биомассу растений. BCAC 132 *Scotinosphaera lemnae* (аутентичный штамм) и UTEX 2351 *Vischeria magna* оказывали положительное влияние на длину проростков, а также на сырую и сухую биомассу растений. BCAC 145 *Nannochloris eucaryotum* (аутентичный штамм) и BCAC 277 *Klebsormidium* Bashkir стимулировали длину листа и сырую биомассу. Цианобактерии П8 *Uch Scytonema* и BCAC 739 P6 *Nostoc punctiforme* приводили к увеличению сырой биомассы растений огурца. Для более точной оценки биотехнологического потенциала изученных штаммов планируется проведение исследований с использованием целого ряда других овощных культур.

Исследования выполнены при поддержке Российского Научного Фонда (проект №25-24-00481).

Ключевые слова: аутентичный штамм, длина проростков, биомасса, суспензия водорослей, критерий Манна-Уитни.

PROSPECTS OF USING ALGAE AND CYANOBACTERIA FOR STIMULATION THE GROWTH OF VEGETABLE CROPS IN HYDROPONIC SYSTEMS

Gaysina L.A.^{1, 2*}, Mufazalova A.S.¹, Hilazhetdinova L.B.¹, Ukhatkina K.B.¹, Van Erpp I.I.¹, Makhmutov A.R.³, Sushchenko R.Z.⁴, Renganathan P.¹, Nazarov D.K.¹, Gaysina K.R.⁵, Sukhanova N.V.¹

¹ Aknulla Bashkir State Pedagogical University;

² All-Russian Research Institute of Phytopathology;

³ Ufa University of Science and Technology;

⁴ Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch;

⁵ Bashkir State Medical University.

Keywords: authentic strain, seedling length, biomass, algae suspension, Mann-Whitney criterion

ОЦЕНКА СТИМУЛИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ШТАММОВ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОГУРЦА ПОСЕВНОГО НА ГИДРОПОНИКЕ

Гайсина Л.А.^{1,2*}, Муфазалова А.С.¹, Хилажетдинова Л.Б.¹, Ухаткина К.Б.¹, Ван-Эрпп И.И.¹, Махмутов А.Р.³, Сущенко Р.З.⁴, Ренганатхан П.¹, Назаров Д.К.¹, Гайсина К.Р.⁵, Суханова Н.В.¹

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы»;

² ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»;

³ ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»;

⁴ ФГБУН «Федеральный научный центр Биоразнообразия ДВО РАН»;

⁵ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет».

*E-mail: lira.gaisina@mail.ru

Оценка ростостимулирующего действия водорослей и цианобактерий при гидропонном выращивании овощей является актуальной задачей биотехнологии.

Исследовали ростостимулирующую активность 20 штаммов водорослей и цианобактерий преимущественно из коллекции ВСАС на растения огурца посевного сорта «Кураж» F1. Эксперименты проводили согласно методике, описанной ранее (Vildanova et al., 2023). Штаммы выращивали на среде Z8 (Carmichael, 1986) с модификациями. В экспериментах использовали суспензии водорослей и цианобактерий концентрацией не менее 10^6 клеток в 1 мл суспензии. Исследовали влияние штаммов микроорганизмов на длину проростков и корней, длину и ширину листьев, сырую и сухую биомассу растений. Продолжительность экспериментов составляла 20 дней. Повторность была равна 5. Контролем служила среда Z8. При статистическом анализе для попарного сравнения контрольной и опытных групп использовали критерий Манна-Уитни.

Установлено, что из 20 изученных штаммов 10 штаммов проявили ростостимулирующее действие. ВСАС 43 *Chlorella sorokiniana* (аутентичный штамм), GSM *Dictyochloropsis reticulata* стимулировали длину проростков и сырую биомассу растений. ВСАС 132 *Scotinosphaera lemnae* (аутентичный штамм) и UTEX 2351 *Vischeria magna* оказывали положительное влияние на длину проростков, а также на сырую и сухую биомассу растений. ВСАС 145 *Nannochloris eucaryotum* (аутентичный штамм) и ВСАС 277 *Klebsormidium* Bashkir стимулировали длину листа и сырую биомассу. Цианобактерии П8 Uch *Scytonema* и ВСАС 739 P6 *Nostoc punctiforme* приводили к увеличению сырой биомассы растений огурца. Для более точной оценки биотехнологического потенциала изученных штаммов планируется проведение исследований с использованием целого ряда других овощных культур.

Исследования выполнены при поддержке Российского Научного Фонда (проект №25-24-00481).

Ключевые слова: аутентичный штамм, длина проростков, биомасса, суспензия водорослей, критерий Манна-Уитни.

EVALUATION OF THE STIMULATING EFFECT OF ALGAE AND CYANOBACTERIA STRAINS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF CUCUMBER SEEDS ON HYDROPONICS

Gaysina L.A.^{1, 2*}, Mufazalova A.S.¹, Hilazhetdinova L.B.¹, Ukhatkina K.B.¹, Van-Erpp I.I.¹, Makhmutov A.R.³, Sushchenko R.Z.⁴, Renganathan P.¹, Nazarov D.K.¹, Gaysina K.R.⁵, Sukhanova N.V.¹

¹ Aknulla Bashkir State Pedagogical University;

² All-Russian Research Institute of Phytopathology;

³ Ufa University of Science and Technology;

⁴ Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch;

⁵ Bashkir State Medical University.

Keywords: authentic strain, seedling length, biomass, algae suspension, Mann-Whitney criterion

БИОТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ: ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД НА СОДЕРЖАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ МЕТАБОЛИТОВ В БИОМАССЕ

Галиева Г.Ш.*, Хлебова Д.Л., Эль-Равас М.А., Галицкая П.Ю., Селивановская С.Ю.

Казанский Федеральный Университет, Казань, Россия

*E-mail: goolnaz0708@gmail.com

Микроводоросли, обладающие исключительно высокой скоростью фотосинтеза (в 10-50 раз превышающей таковую у высших растений), представляют собой перспективный инструмент для улавливания и конверсии углекислого газа. Их способность к активной ассимиляции CO₂ в сочетании с возможностью культивирования в различных условиях делает микроводоросли ключевым элементом стратегий декарбонизации. Помимо климатической функции, микроводоросли служат источником широкого спектра биологически активных соединений, востребованных в энергетике, фармацевтике, а также пищевой и кормовой промышленности. К числу наиболее значимых метаболитов относятся липиды, белки, углеводы и пигменты. Оптимизация условий культивирования позволяет направленно регулировать метаболизм микроводорослей, увеличивая продукцию целевых соединений. Целью данной работы было сравнение влияния методов выращивания и состава питательной среды на содержание белка, липидов, углеводов и хлорофилла в культурах микроводорослей. Исследовали штаммы, выделенные из природных источников: почвы (П), озера Сям (Сям), пруда Суксу (Суксу) а также штаммы из коллекции культур микроводорослей IPPAS ИФР РАН: *Chlorella vulgaris* (C11), *Micractinium* sp. (C16). Культивирование проводили в прозрачных пластиковых емкостях объемом 2,3 л при следующих условиях: концентрация CO₂: 400 ppm (контроль) и 2% (опыт), продолжительность: 14 суток, температура: 25-27°C. Использовали две питательные среды: стандартная 50% среда Тамия (Т) и среда на удобрения «Фертика-Универсал» (Ф) (5 г/л дистиллированной воды). Анализ содержания метаболитов проводили следующими методами: белки - по методу Бредфорда (измерение при 595 нм), углеводы - антроновым методом (625 нм), липиды и хлорофилл - метод Фолча. Полученные результаты показали, обработка CO₂ привела к увеличению содержания белка в образцах П и C16. Максимальные значения составили 14 и 15% для образцов П-CO₂-Ф и C16-CO₂-Т соответственно. Использование в качестве питательной среды удобрения демонстрировало более высокое содержание углеводов у большинства штаммов, максимум 35% для C16-Ф и снижение содержания хлорофилла во всех образцах независимо от обработки CO₂. Использование среды Тамия способствовала увеличению содержания липидов для 4 из 5 проанализированных культур (до 67%). Исследование демонстрирует значительную вариабельность содержания белков, углеводов и липидов в зависимости от: типа питательной среды (Тамия/Фертика), применения CO₂, штаммовых особенностей микроводорослей.

Ключевые слова: культивирование микроводорослей; белки; углеводы; липиды; хлорофилл.

BIOTECHNOLOGY OF MICROALGAE CULTIVATION: INFLUENCE OF NUTRIENT MEDIA COMPOSITION ON THE CONTENT OF TARGET METABOLITES IN BIOMASS

Galieva G.Sh.^{1*}, Khlebova D.L.¹, El-Ravas M.A.¹, Galitskaya P.Y.¹, Selivanovskaya S. Y.¹

Kazan Federal University, Kazan, Russia

Keywords: microalgae cultivation; proteins; carbohydrates; lipids; chlorophyll

АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ПАРАМЕТРОВ ВОДНОГО ОБМЕНА ЛИСТЬЕВ БЕРЁЗЫ И ХВОИ СОСНЫ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

Галимов Р.Р.*, Уразбахтин А.А., Уразгильдин Р.В.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: ramil_galimov_98@mail.ru

Адаптация водного обмена (ВО) является одним из важнейших условий выживания растительных организмов в экстремальных лесорастительных условиях. ВО в условиях промышленного загрязнения отличается проявлением как специфических, так и неспецифических адаптивных реакций (АР). В Южно-Уральском регионе выбрано пять промышленных центров с разными типами загрязнения для характеристики их воздействия на ВО листьев берёзы повислой и хвои сосны обыкновенной и качественной оценки выявленных АР: Стерлитамакский промышленный центр (СПЦ) – полиметаллическое загрязнение; Карабашский медеплавильный комбинат (КМК) – полиметаллическое загрязнение в сочетании с сернистым ангидридом; Учалинский горно-обогатительный комбинат (УГОК) – полиметаллическое загрязнение в условиях отвалов медно-колчеданной горнорудной промышленности; Кумертауский буроугольный разрез (КБР) – полиметаллическое загрязнение в условиях отвалов буроугольного разреза; Уфимский промышленный центр (УПЦ) – нефтехимическое загрязнение. В каждом промцентре в соответствии с розой ветров выделены зоны сильного загрязнения и контроль. Измерялись параметры: интенсивность транспирации, относительное содержание воды, дефицит водного насыщения.

Для обоих видов показана относительная независимость между параметрами ВО, когда наблюдаются различия в их АР к одному и тому же типу промышленного загрязнения, что свидетельствует об экологической пластичности берёзы и сосны по отношению к разным типам загрязнения. Выявлены сходные АР у берёзы и сосны к следующим типам загрязнения: 1. В условиях СПЦ наблюдается снижение ВО, что характеризуется «умеренно-стрессовой» АР для берёзы и «стрессовой» АР для сосны; 2. В условиях КМК также наблюдается снижение ВО, что характеризуется «умеренно-стрессовой» АР для обоих видов; 3. В условиях УГОК наблюдается усиление ВО, что характеризуется «умеренно-толерантной» АР для обоих видов; 4. В условиях КБР также наблюдается усиление ВО, что характеризуется «толерантной» АР для берёзы и «умеренно-толерантной» АР для сосны. Выявлены различия между берёзой и сосной в их АР к загрязнению в условиях УПЦ: у берёзы наблюдается снижение ВО, что характеризуется «умеренно-стрессовой» АР, а у сосны различия между промзоной и контролем отсутствуют, что характеризуется «нейтральной» АР. Примеры снижения ВО и «стрессовых» АР свидетельствуют о низком адаптивном потенциале берёзы и сосны к тем типам загрязнения, в которых они проявляются, и напротив, примеры усиления ВО и «толерантных» АР свидетельствуют о высоком адаптивном потенциале берёзы и сосны к тем типам загрязнения, в которых они проявляются.

Ключевые слова: промышленное загрязнение; берёза повислая и сосна обыкновенная; водный обмен листьев и хвои; адаптивные реакции.

ADAPTIVE REACTIONS OF WATER EXCHANGE PARAMETERS OF BIRCH LEAVES AND PINE NEEDLES UNDER CONDITIONS OF VARIOUS TYPES INDUSTRIAL POLLUTION IN THE SOUTH URAL REGION

Galimov R.R.*, Urazbakhtin A.A., Urazgildin R.V.

Ufa Institute of biology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: industrial pollution; birch and pine; water exchange of leaves and needles; adaptive reactions

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕПАРАТОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ НА ОСНОВЕ ГУМАТНЫХ ГЕЛЕЙ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ ХРАНЕНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

Галуза О.А.^{1, 2*}, Коротков Н.А.¹, Николаев Ю.А.

¹ Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, Москва, Россия

² ООО «Бавар+», Москва, Россия

*E-mail: olesya_galuza@mail.ru

Пробиотические препараты на основе молочнокислых бактерий (МКБ) демонстрируют высокую эффективность в качестве биоконсервантов, биоудобрений, биостимуляторов и средств борьбы с грибковыми и бактериальными инфекциями растений. **Основной недостаток** биопрепаратов с живыми культурами МКБ заключается в быстрой потере эффективности из-за высокой скорости гибели клеток при хранении. **Перспективным методом** сохранения жизнеспособности МКБ является их иммобилизация в различные гели, что позволяет поддерживать активность бактерий длительное время. **Новые разработанные гели** на основе гуматов, модифицированные органосиланами, представляют собой перспективные носители для сохранения высокого титра жизнеспособных клеток бактерий, а также обладают рядом полезных свойств: сорбиционными, защитными и рост-стимулирующими.

Целью данной работы является проверка защитных свойств нового силанольно-гуматного геля (СГГ) от негативных условий окружающей среды (A_w , pH и активного освещения), влияющих на выживаемость и колонизационную активность иммобилизованных МКБ (на примере штамма *Enterococcus faecium* M3185), используемых в качестве биопрепаратов.

Установлено, что при хранении иммобилизованных МКБ в СГГ в течение месяца в условиях с A_w 0,2; 0,6 и 0,8 клетки выживали на уровне 73, 110 и 135% соответственно, в то время как в контрольных (неиммобилизованных) образцах не сохранялось даже 1% клеток.

При хранении в условиях низких значений pH (5,5-6,0) количество жизнеспособных клеток в СГГ было выше в 12-54 раза по сравнению с контрольным образцом. В нейтральных и слабощелочных условиях с pH (6,5-7,5) количество клеток в СГГ было в 14-17 раз выше, чем в контроле. При щелочных значениях pH (8,0-9,5) число клеток превышало контрольные показатели в 13, 255 и 378 раз соответственно.

При инкубации МКБ в СГГ при разных условиях освещённости наибольшая доля жизнеспособных клеток сохранялась при постоянном интенсивном освещении 960 ЛМ и была в 4 тыс. раз больше, чем в контроле. В условиях отсутствия освещённости доля жизнеспособных клеток в СГГ была в 5 раз больше, чем в контроле.

Защитные свойства геля подтверждены экспериментально при воздействии различных негативных факторов, влияющих на успешность применения биопрепаратов с бактериями в условиях естественного природного окружения. Проведенные исследования демонстрируют высокую перспективность использования нового геля с иммобилизованными бактериями в экологической и сельскохозяйственной биотехнологии.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ № 24-24-20062.

Ключевые слова: биопрепараты, средства защиты растений, биоудобрения, биостимуляторы, биоконсерванты.

POSSIBILITIES FOR USING LACTIC ACID BACTERIA-BASED GELS WITH LONG-TERM STORAGE IN ECOLOGICAL AND AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY

Galuza O.A.^{1, 2*}, Korotkov N.A.¹, Nikolaev Yu.A.¹

¹ Federal Research Center "Fundamental Foundations of Biotechnology" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

² LLC Bavar+, Moscow, Russia

Keywords: biopreparations, plant protection products, biological fertilizers, biostimulants, biological preservatives

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РИЗОСФЕРНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ АРИДНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Гальперина А.Р.*, Сопрунова О.Б.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Астраханский государственный технический университет», Астрахань, Россия

*E-mail: alina_r_s@rambler.ru

Аридная зона – природная зона, характеризующаяся особенностями климата, приводящими к недостатку влаги для жизни организмов. Помимо приспособительных функций самих растений в аридных условиях существенно возрастает значимость ризосферной микробиоты, прошедшей эволюционный отбор на оптимальное функционирование и взаимодействие с микроорганизмом. Роль ризосферной микробиоты в увеличении доступности питательных веществ является ключом к разработке климатически оптимизированных агротехнических методов.

В период 2019-2024 гг. проведены исследования по изучению микроорганизмов ризосферы следующих культурных и дикорастущих растений, произрастающих на территории Астраханской области. Всего за указанный период было исследовано более 125 проб ризосферы растений, поставлено 300 накопительных культур и выделено более 140 изолятов. Изучение тинкториальных признаков изолятов выявило доминирование грамтрицательных форм - 97%, грамположительные формы составили – 3%. По морфологии клеток все выделенные изоляты были представлены палочковидными формами, из которых спорообразующих – 3%, неспорообразующих – 97%. Активной подвижностью обладали 54% изолятов. В рабочую коллекцию отобрали 50 изолятов, сохраняющих жизнеспособность *in vitro*. В ходе экспериментальных исследований было выявлено, что изоляты обладают способностью к солюбилизации неорганических фосфатов (повышать количество свободного фосфора в среде до 6 мкмоль/мл), триптофаниндуцируемому синтезу ИУК (3,5-146 мкг/мл), фунгистатическому антагонизму по отношению к микромицетам р. *Alternaria*, стимуляции роста семян томатов сортов средней и ранней спелости.

По итогам исследований изоляты были идентифицированы как представители родов: *Enterobacter* – 36 изолятов; *Klebsiella* – 2 изолята; рода *Mixta*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Paenibacillus* – по 1 изоляту.

Все выявленные свойства позволяют рассматривать имеющиеся штаммы как основу для создания новых агробиотехнологий, применяемых в условиях аридного климата Астраханской области.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-26-00227 «Генетическая паспортизация ризосферных микроорганизмов аридных экосистем с биотехнологически значимыми свойствами».

Ключевые слова: скрининг, аридные экосистемы, симбиотические микроорганизмы, растительно-микробное взаимодействие

BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF RHIZOSPHERE MICROORGANISMS OF ARID ECOSYSTEMS

Galperina A.R.*, Soprunova O.B.

Federal State Education Institution of Higher Education «Astrakhan State Technical University», Astrakhan, Russia

Keywords: screening, arid ecosystems, symbiotic microorganisms, plant-microbial interaction

ОЦЕНКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО САМООЧИЩЕНИЯ НА НЕФТЯНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Гаршин М.В.^{1*}, Сулейманов Р.Р.^{1,2}

¹ Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

*E-mail: garshin.mixail@yandex.ru

Ферментативная активность является чувствительным индикатором состояния почвенной среды, на которую влияют как природные, так и антропогенные факторы. Качество почвы можно оценить на основе ферментативной активности в сочетании с другими свойствами почвы. Некоторые из ферментов, которые рассматриваются для мониторинга загрязнения почвы нефтью, включают уреазу и каталазу.

Исследование проводилось на Арланском нефтяном месторождении близ населенных пунктов Графское и Нижняя Татъя. Участки были без видимого нефтяного загрязнения, но с концентрацией нефтепродуктов от 30 до 60 мг/кг, что не превышает существующих санитарных норм. Участки представлены светло-серыми лесными почвами.

Полученные результаты показывают увеличение активности уреазы на 83% по отношению к контролю на участке н.п. Графское и на 28% на участке н.п. Нижняя Татъя, а также уменьшение активности каталазы на 13% и 50% на соответствующих участках.

Микроорганизмы, адаптированные к деградации нефти, способны выделять ряд ферментов, включая уреазу, для переработки органических соединений. Поэтому повышение активности уреазы является результатом комплекса изменений в микробиоценозе почвы, вызванных контаминацией нефтью, что проявляется увеличением доступности питательных веществ и усилением метаболической активности микроорганизмов.

Ингибирование активности каталазы является частью общего процесса угнетения микробиологической активности в почвах, содержащих нефть и обусловлено рядом факторов. Нефть и продукты её распада содержат токсичные вещества, такие как полициклические ароматические углеводороды, фенолы и другие соединения, негативно влияющие на клетки микроорганизмов. Эти компоненты подавляют синтез белков и ферментов, в частности каталазы, снижая способность клеток защищаться от окислительного стресса. Этот эффект отражает нарушение нормальной биохимической адаптации микроорганизмов к стрессу, вызванному воздействием нефтепродуктов. Таким образом, уменьшение содержания фермента каталазы является результатом угнетающего влияния токсинов на микробиологическую активность почвы и недостатка кислорода.

Проведенные исследования, показали, что процесс самоочищения почв протекает весьма медленно (уже около 60-ти лет) и, в настоящее время, еще не завершился. Воздействие нефти на почву приводит к изменению структуры микробиологического сообщества, активации специфичных ферментов, обеспечивающих выживание и приспособление организмов к загрязнению. Эти процессы являются частью комплексной адаптации экосистемы к экстремальным условиям окружающей среды.

Ключевые слова: почва; ферменты; уреазы; каталаза; ферментативная активность.

ASSESSMENT OF THE ENZYMATIC ACTIVITY OF THE SOIL AFTER PROLONGED SELF-PURIFICATION AT AN OIL FIELD IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Garshin M.V.^{1*}, Suleymanov R.R.^{1,2}

¹ Ufa Institute of Biology, UFRS RAS, Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Keywords: soil; enzymes; urease; catalase; enzymatic activity

ЖЕЛЕЗОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕ БАКТЕРИИ СЕМЯН САЛАТА *LACTUCA SATIVA* L.

Гасиева З.А.*, Кулешова Т.Э., Галушко А.С.

Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: gasieva@agrophys.ru

Микроорганизмы способные к транспорту электронов во внешнюю среду представляют большой интерес для изучения и применения в биоэлектрохимии и биотехнологии. Эта способность позволяет организмам взаимодействовать с редокс активными веществами во внешней среде, восстанавливая их. Аналогичный механизм лежит в основе электрогенеза микроорганизмами в микробных и растительно-микробных топливных элементах. Поэтому выявление новых микроорганизмов способных к транспорту электронов во внешнюю среду представляет большой интерес.

Данная работа посвящена поиску бактерий способных к транспорту электронов во внешнюю среду, находящихся на поверхности семян салата *Lactuca sativa* L.

Для стимулирования микроорганизмов с необходимыми свойствами семена салата выдерживали в растворе красной кровяной соли в течение 7 суток. Затем семена в асептических условиях поместили в синтетическую минеральную среду со сложным источником углерода и комплексным железом (III) в качестве индикатора экстрацеллюлярного электронного транспорта для получения накопительных культур бактерий. Культивировали в термостате при температуре 28 °С в аэробных условиях.

Для выделения чистых бактериальных культур, полученные вышеописанным способом накопительные культуры, бактериальной петлей истончающимся штрихом пересекали на аналогичную агаризованную среду.

В результате культивирования семян салата *Lactuca sativa* L. получили накопительные культуры микроорганизмов, которые способны восстанавливать железо (III) в составе комплекса в аэробных условиях. В результате последовательных пересевов выделили чистый культуру бактерий, обозначенный как штамм Fe5.1. При культивировании на агаризованной среде бактерия образует крупные (до 10 мм), глянцевые, полупрозрачные, с неровным белым краем колонии. Визуально заметно ослизнение этих колоний. На агаризованной среде штамм восстанавливает железо интенсивно, за 48-72 ч культивирования, а при культивировании в жидкой среде - не сразу, а после 7-9 дневного периода лаг фазы, при этом растет медленно, биопленок не образует, после 14 дней культивирования клетки оседают на дно и продолжают рост. Основную биомассу штамм накапливает после восстановления железа.

Выделенный с поверхности семян салата бактериальный штамм демонстрирует способность к использованию альтернативных акцепторов электрона даже в аэробных условиях. Это уникальное свойство делает его перспективным объектом для фундаментальных и прикладных исследований в области биоэлектрохимии и биотехнологии.

Ключевые слова: комплексное железо (III), железовосстанавливающие бактерии, электрогенные бактерии.

IRON-REDUCING BACTERIA OF LETTUCE SEEDS *LACTUCA SATIVA* L.

Gasieva Z.A.*, Kuleshova T.E., Galushko A.S.

Agrophysical Research Institute, St Petersburg, Russia

Keywords: complex iron (III), iron-reducing bacteria, electrogenic bacteria

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОБИОЦЕНОЗА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ СЕРО-БУРЫХ ПОЧВ АПСХЕРОНА

Гасимова А.С.

Институт микробиологии Министерства науки и образования Азербайджана, Баку, Азербайджан

E-mail: gasimovaa@inbox.ru

В настоящее время основными загрязнителями природных ландшафтов являются нефть и нефтепродукты. Хотя деятельность нефтяной промышленности экономически эффективна, она вызывает множество экологических проблем. В современное время эти проблемы проявляются практически во всех компонентах окружающей среды. Добыча нефти, транспортировка, переработка и использование нефтепродуктов объективно приводят к образованию техногенных отходов, что в свою очередь приводит к загрязнению природных ландшафтов – почвы, воды, воздуха, одновременно к нарушению функционирования биоценозов.

Углеводородное загрязнение сопровождается сильными изменениями в структуре и функциональной активности почвенного микробиоценоза – изменяется их численность и качественный состав, что приводит к частичной или полной деградации почв. Как правило, в свежезагрязненных почвах количество различных групп почвенных микроорганизмов достаточно высоко – преобладают углеводородокисляющие бактерии, аммонификаторы, представители родов *Arthrobacter*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Rhodococcus*, *Mycobacterium*, *Bacillus*. В дальнейшем при более поздних сроках загрязнения повышается численность олигонитрофилов, олиготрофной микрофлоры и ЦРМ, однако при всем этом общее число микроорганизмов может оставаться высокой. Бактериальная микробиота по сравнению с грибной часто оказывается значительно чувствительной к загрязнению. Наиболее чувствительной к загрязнению углеводородами группой в бактериальном микробиоценозе являются нитрифицирующие бактерии. В серо-бурой почве увеличивается число других бактерий, участвующих в круговороте азота: денитрифицирующих, аммонифицирующих и азотфиксирующих бактерий. Увеличение численности этих групп в нефтезагрязненной почве может быть обусловлено обилием органических соединений и увеличением числа анаэробных микроразновидностей в загрязненной почве, что согласуется с результатами других исследований.

Учитывая важнейшую роль микроорганизмов в процессах самоочищения, анализ состояния микробиоценоза как показателя качества почв всегда актуален, особенно когда почвы подвергаются техногенному прессингу, эти процессы необходимо держать в центре внимания для восстановления в них экологического равновесия.

Ключевые слова: нефтезагрязненные почвы; самоочищение; микробиота; углеводородокисляющие бактерии.

FUNCTIONAL ACTIVITY OF MICROBIOCENOSE IN OIL-CONTAMINATED GRAY-BROWN SOILS OF APSHERON

Gasimova A.S.

Institute of Microbiology of the Ministry of Science and Education of Azerbaijan

Key words: oil-contaminated soils; self-cleaning; microbiota; hydrocarbon-oxidizing bacteria

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В ДРЕВЕСИНЕ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) И БЕРЕЗЫ (*BETULA PENDULA* ROTH.) НА ЗАЛЕЖАХ, ЗАРАСТАЮЩИХ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ В ЮЖНО-УРАЛЬСКОМ РЕГИОНЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Гимазетдинов В.Д.¹, Туктамышев И.Р.^{1,2}

¹ Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

E-mail: Vazir.gimazetdinov@mail.ru

Проанализировано содержание углерода в ядрах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth.) на пробных площадях размером 100 км² в лесостепной и горно-лесостепной зонах и горно-лесной части Южного Урала (ЮУ) Республики Башкортостан, массово возобновляющихся на заброшенных пахотных угодьях.

Установлено, что среднее значение углерода в древесине сосны для горно-лесной части ЮУ, горно-лесостепной и лесостепной зон составляет 47,4%, 47,8%, 48,4%, а для березы – 47,3%, 47,39% и 46,4% сухого органического вещества стволовой древесины и не зависят от возраста и удаленности от источника семян. Наибольшее значение содержания углерода в древесине сосны отмечено в горно-лесостепной зоне и составляет 48,3% в возрасте 31-35 лет.

В зоне широколиственных лесов на темно-серых лесных почвах среднее содержание углерода в древесине березы выше по сравнению с горно-лесной частью ЮУ и горно-лесостепной и лесостепной зонами и составляет 48%-49,4%. Однако в некоторых районах лесостепной зоны отмечено снижение содержания углерода в древесине березы, не смотря на тот же тип почвы (47,4%). Предполагается, что это связано с различной историей использования территорий в качестве пахотных угодий.

Для всех природных зон статистически значимая взаимосвязь между возрастом древостоя и средним содержанием углерода в древесине сосны и березы отсутствует.

Анализ полученных данных показал, что для формирующегося древостоя на заброшенных пашнях существует занижение реального объема запаса углерода в древесине, обусловленное отсутствием в методике учета (Приказ Минприроды России от 27.05.2022 № 371) конверсионных коэффициентов, учитывающих климатические и эдафические особенности ЮУР. Полученные данные позволят в дальнейшем рассчитать новые конверсионные коэффициенты и предоставить более объективную оценку бюджета углерода лесных экосистем, формирующихся на залежах, а также разработать новые более эффективные подходы к управлению лесными экосистемами, компенсации ущерба, предотвращения рисков и сохранения экологически чистой среды.

Работы выполнены в рамках государственного задания № FEUR-2024-0007.

Ключевые слова: углерод; сосна обыкновенная; береза повислая; залежь; карбоновый полигон

ANALYSIS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) AND BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH.) CONTENT CARBON ON GROWING FALLOW BY TREES ON SOUTHERN URAL OF REPUBLIC BASHKORTOSTAN

Gimazetdinov V.D.¹, Tuktamyshev I.R.^{1,2}

¹ Ufa Institute of biology UFRC RAS, Ufa, Russia

² Ufa State Oil Technical University, Ufa, Russia

Key words: carbon; Scots pine; Silver birch; fallow; carbon polygon

РОЛЬ МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КАК ИНСТРУМЕНТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА

Глушень Е.М.

Институт микробиологии Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

E-mail: gem@mbio.bas-net.by

Изменения в технологическом процессе и составе сточных вод, поступающих на биологические очистные сооружения, зачастую являются причинами нарушения состава и свойств биоценоза активного ила, что приводит к снижению эффективности очистки сточных вод. С целью стимулирования функционирующего биоценоза активного ила и интенсификации очистки сточных вод используются различные технические, физико-химические и биологические методы. Наиболее экологически безопасным и экономически выгодным методом является применение биопрепаратов, основой которых являются специально селектированные микроорганизмы, обеспечивающие не только увеличение эффективности очистки сточных вод, но и быстрое восстановление биоценоза активного ила.

Институтом микробиологии НАН Беларуси разработано более десятка биопрепаратов для очистки как коммунально-бытовых, так и промышленных сточных вод. Данные препараты представляют собой консорциумы микроорганизмов, обладающих широкой субстратной специфичностью и способных продуцировать большое количество ферментов, необходимых для расщепления легко- и сложноокисляемых органических веществ. Применение биопрепаратов обеспечивает более стабильную работу биологических очистных сооружений и позволяет максимально снизить значения практически всех нормируемых показателей.

Сравнительный анализ активного ила биологических очистных сооружений до и после внесения микробных препаратов по основным гидробиологическим и физико-химическим показателям показал, что препараты оказывают положительное влияние на его биоценоз: происходит увеличение разнообразия и равномерное распределение между организмами индикаторных групп; отмечается значительное увеличение количества микроорганизмов-деструкторов органических веществ в составе ила; увеличивается дегидрогеназная активность ила; отмечается снижение количества нитчатых микроорганизмов и, как следствие, улучшение седиментационных свойств ила, что позволяет предотвратить его вынос из очистных сооружений. Восстановление биоценоза активного ила отмечается как правило в течение 2-4 недель. Препараты обладают пролонгированным действием от 3 месяцев до нескольких лет в зависимости от количественного и качественного состава поступающих сточных вод. Следует отметить, что при залповых сбросах токсичных соединений происходит лишь частичная гибель активного ила, обработанного биопрепаратами, а наличие в их составе мощных микроорганизмов-деструкторов позволяет не допустить снижения эффективности очистки сточных вод.

С учетом многолетних и многочисленных производственных испытаний следует отметить, что микробные препараты являются быстрым, эффективным и экологически-безопасным инструментом для восстановления биоценоза активного ила биологических очистных сооружений предприятий различного профиля.

Ключевые слова: активный ил; биопрепарат; биоценоз; очистка сточных вод.

ROLE OF MICROBIAL PREPARATIONS FOR WASTEWATER TREATMENT AS A TOOL FOR RESTORING THE ACTIVE SLUDGE BIOCECENOSIS

Glushen A.M.

Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

Keywords: activated sludge; biopreparation; biocenosis; wastewater treatment

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ САЖЕНЦЕВ СМОРОДИНЫ ЗОЛОТИСТОЙ (*RIBES AUREUM PURSH.*) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Головина Л.А.^{1,2*}, Горбачёва О.В.³

¹ Башкирский НИИСХ, ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, Россия, Уфа

² ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Уфа, Россия

*E-mail: ludmilab_2010@mail.ru

³ ООО НВП «БашИнком» Россия, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 37/4 офис 310

Смородина золотистая (*Ribes aureum* Pursh.) является перспективной ягодной культурой, отличающейся высокой зимостойкостью и адаптивностью. В Республике Башкортостан выведены сорта Ляйсан, Находка, Шафак, Фатима, обладающие высокой продуктивностью и устойчивостью в полевых условиях. Вместе с тем культура остаётся трудноразмножаемой, что затрудняет её широкое внедрение в производство.

Одной из приоритетных задач современного садоводства является создание экологически чистых и ресурсосберегающих технологий получения здорового посадочного материала. В 2024 году нами был заложен опыт по выращиванию саженцев смородины золотистой с применением биопрепаратов НВП «БашИнком». Для получения стандартных саженцев с закрытой корневой системой использовали однолетние укоренённые черенки, высаженные в горшки объёмом 3 л. Субстрат состоял из торфа, чернозёма, перегноя, песка и биопрепаратов «Пробиогранулы осенние NPK 1-5-8 МЭ + PGPR бактерии» и «Кормилица Микориза» в различных концентрациях.

В течение вегетационного сезона 2025 года для защиты смородины золотистой от болезней проводили опрыскивание препаратом «Фитоспорин АС» (20 мл/10 л воды). Для защиты растений от вредителей использовали «Туринбаш» (20 мл/10 л воды), чередуя с препаратом «Стрептобаш» (100 мл/10 л воды). Выполняли некорневые подкормки препаратом «Биополимик комплексный» (20 мл/10 л воды). При приготовлении рабочих растворов биопрепаратов в качестве прилипателя использовали «Биолипостим» (5 мл/5 л воды).

Результаты показали 100%-ю приживаемость растений. Корневая система полностью осваивала объём горшка, прирост побегов за сезон составил: Ляйсан – 60,7–95,8%, Находка – 27,8–97,5%, Шафак – 67,9–98,2%, Фатима – 67,9–98,2%.

Таким образом, применение биопрепаратов НВП «БашИнком» в условиях Республики Башкортостан обеспечивает получение здорового посадочного материала смородины золотистой и является перспективным направлением для питомниководства.

Ключевые слова: *Ribes aureum* PURSH.; НВП БашИнком.

ECOLOGICALLY ORIENTED TECHNOLOGY FOR GROWING GOLDEN CURRANT (*RIBES AUREUM PURSH.*) SEEDLINGS USING BIOPREPARATIONS UNDER THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Golovina L.A.^{1,2}, Gorbacheva O.V.³

¹ Bashkir Research Institute of Agriculture, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 19 Zorge St., Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

³ LLC NVP “BashInkom”, 37/4 Karl Marx St., Office 310, Ufa, Russia

Keywords: *Ribes aureum* PURSH.; NVP BashInkom

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБНЫХ ЭКЗОПОЛИСАХАРИДОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ НЕФТЕДОБЫЧИ НА МОДЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Гордеев А.С.*, Кириченко А.А., Бикташева Л.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

*E-mail: drgor@mail.ru

Необходимость повышения объемов добычи нефти при снижении экологической нагрузки выступает одной из ключевых задач в разработке новых технологий. Биотехнологические решения, основанные на использовании метаболитов микроорганизмов, таких как экзополисахариды (ЭПС) и биосурфактанты, становятся всё более актуальными в решении подобных задач. Эти «зелёные» соединения способны не только заменить синтетические реагенты, но и обеспечить повышение нефтеотдачи за счёт улучшения фильтрационных характеристик и снижения межфазного натяжения. Тем не менее, комплексное действие ЭПС и биосурфактантов изучено недостаточно, особенно в части их совместного применения для обеспечения третичной добычи нефти.

Традиционной схемой для моделирования взаимодействия нефтяного пласта и реагентов для нефтеизвлечения в первом приближении выступает использование цилиндрических песчаных колонок, заполняемых раствором NaCl и CaCl₂ и нефтью. Процесс включал стадии насыщения колонок нефтью, вытеснения нефти раствором солей и третичной обработки биореагентами. Реагентами в нашем случае выступали растворы ЭПС и биосурфактантов. В качестве продуцентов использовались штаммы *Bacillus toyonensis* и *Sphingomonas* sp. 2mo, выделенные из нефтезагрязнённых почв. Растворы биосурфактанта и экзополисахаридов в концентрации 0,1% вводились в колонку, в которой сохранялась остаточная нефть после вытеснения ее солевым раствором. Эффективность оценивалась по объёму дополнительно извлечённой нефти.

Максимальный эффект достигался при совместном применении ЭПС и биосурфактантов: нефтеотдача достигала 52% против 20,8% в контрольном варианте. Биосурфактанты снижали межфазное натяжение, а ЭПС способствовали стабилизации вытесняющего фронта и удержанию нефти за счёт сорбционных и гелеобразующих свойств. Таким образом, показано, что биополимерные эмульгирующие системы обладают потенциалом в нефтедобыче и могут быть рекомендованы в качестве экологически безопасной альтернативы традиционным химическим реагентам.

Ключевые слова: экзополисахариды; биосурфактанты; микробные методы увеличения нефтеотдачи; микробные полимеры; биотехнология.

MICROBIAL EXOPOLYSACCHARIDES FOR OIL RECOVERY ENHANCEMENT: A MODEL STUDY

Gordeev A.S.*, Kirichenko A.A., Biktasheva L.R.

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Keywords: exopolysaccharides; biosurfactants; MEOR; microbial polymers; biotechnology

О ЯВЛЕНИИ ИНВЕРСИИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

Горичев Ю.П.

Южно-Уральский государственный природный заповедник, Белорецк, Россия

E-mail: yura.gorichev.55@mail.ru

Понятие инверсии растительности возникло в 30-е года XX столетия. Под инверсией растительности понимают такое высотное распределение растительных сообществ, при котором фитоценозы, образованные более теплолюбивыми видами, располагаются на более высоких гипсометрических уровнях, чем фитоценозы, образованные менее термофильными видами (Сочава, 1948). Явление инверсии растительности большинством исследователей рассматривалось как следствие температурных инверсий (Берг, 1938; Сочава, 1948). Инверсионное распределение лесных сообществ наблюдается на высотном отрезке, в пределах проявления устойчивых температурных инверсий.

Явление инверсии растительности отмечено в ряде горных районов страны, наиболее детально оно изучено на Дальнем Востоке (Грушвицкий, 1940; Сочава, 1948). На Ю. Урале явление описано в разное время И.М. Крашенинниковым (1919) и С.Ф. Курнаевым (1980) на западном склоне Ю.Урала, в пределах ареала распространения широколиственных пород. Оба исследователя высотный спектр формаций объясняли как следствие инверсии температур.

И.М. Крашенинниковым (1919) в низкогорьях западного склона описана высотная дифференциация формаций сосново-березовых и широколиственных лесов. Первые занимают нижний уровень - днища долин и их нижние части склонов с более суровым континентальным климатом, вторые занимают верхний уровень – вершины и верхние части склонов гор с более мягким европейским климатом. Л.С. Берг (1938), ссылаясь на статью И.М. Крашенинникова, сделал следующее заключение: «инверсии растительности на Южном Урале явление настолько обыкновенное, что сплошь и рядом они вызывают нарушение («обращение») нормальной вертикальной зональности в растительном покрове: более теплолюбивая растительность располагается над ассоциациями, переносящими более суровый климат».

С.Ф. Курнаевым (1980) в низкогорьях западного склона описана высотная дифференциация ассоциаций широколиственных лесов с доминированием липы, клёна и дуба. Липовые леса занимают нижние и средние части склонов, а также широкие гребни невысоких увалов, кленовики – верхние части склонов и узкие вершины наиболее высоких увалов, а вершины высоких хребтов занимают дубняки субальпийского типа.

Исследования, проведенные на территории Южно-Уральского заповедника, в районе широколиственно-темнохвойных лесов, также выявили инверсионное высотное распределение лесных формаций (Горичев и др., 2012). Результаты проведенных мезоклиматических наблюдений подтвердили наличие температурных инверсий (Горичев и др., 2020). В результате инверсии температур на склонах гор наблюдается своеобразный высотный спектр лесных формаций. Нижний уровень – днища глубоких горных долин занимают темнохвойные (пихтово-еловые) леса, выше них по склонам гор распространены широколиственно-темнохвойные леса, верхние части склонов и вершины увалов занимают широколиственные леса. На склонах высоких хребтов, возвышающихся над инверсионным слоем (выше 600 м над ур.м.), действует нормальный градиент температуры, вследствие чего высотное распределение сообществ приобретает характер высотной поясности.

Ключевые слова: инверсия растительности; инверсия температур; Южный Урал.

ABOUT THE PHENOMENON OF VEGETATION INVERSION IN THE SOUTHERN URALS
Gorichev Yu.P.

South Ural State Nature Reserve

Keywords: vegetation inversion; temperature inversion; Southern Urals

ПУТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОЙ ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗЕЛЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ТЕХНОЛАНДШАФТАХ ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Гулиева Л.А.*, Наджафова С.И.

Бакинский Государственный Университет Министерства науки и образования Азербайджана, Баку, Азербайджан

*E-mail: lemanezizli2016@gmail.com

Создание экологически устойчивой структуры и обеспечение нормального функционирования техноландшафтов являются в настоящее время первоочередными вопросами в решении проблем смягчения техногенных воздействий на природные ландшафты и улучшения окружающей среды.

Прибрежная полоса Каспийского моря на территории Азербайджана охватывает два экономических района: Абшерон-Хызынский и Губа-Хачмазский с общей площадью 12,850 тыс. кв. км, с населением порядка 3,3 млн. чел. Системный логистический анализ экологического состояния исследуемой территории прибрежных зон Каспийского моря (г. Сумгаит-граница России) с учетом принципа активной подвижности биосистем, анализ природных опасностей и уязвимости среды показывает наличие ряда факторов геоэкологических рисков потенциального многофункционального техногенного и антропогенного воздействия на его природные ландшафты и «риск», объединяющий два понятия – «вероятность опасности» и «ущерб».

В сравнительном аспекте экологические показатели территории вдоль прибрежной части Каспийского моря показывают различие в показателе индекса антропогенности и степени нарушенности природных экосистем под воздействием техногенных факторов. Высокая степень напряженности экологической ситуации определяется аддитивным действием ряда негативных природных и антропогенных факторов. Невысокий биоклиматический потенциал, водно-термический режим определяет характерную неустойчивую взаимосвязь между отдельными компонентами в естественных и искусственных ландшафтах исследуемой территории, отсутствие взаимной компенсации между ними.

Все эти показатели экологического состояния прибрежной полосы Каспийского моря в рамках современных экологических воззрений делают необходимым и актуальным формирование зеленого экокаркаса, обладающего полифункциональными свойствами очистки почв и атмосферного воздуха от загрязнителей, газоустойчивых и устойчивых к климатическим изменениям.

Научно обосновывается необходимость формирования зеленой инфраструктуры в зоне прибрежной полосы Каспийского моря с целью повышения биоразнообразия, устойчивости природных экосистем. При формировании зеленой инфраструктуры необходимо принять долговременные меры для сохранения естественных фитоценозов – эфемеров и эфемероидов и др., свойственных для этой почвенно-географической зоны и адаптированных к условиям среды. Формирование на территории Абшерон-Хызынского экономического района вдоль Сиазань-Сумгаитского массива на узкой полосе прибрежной части Каспийского моря протяженностью около 300 км склоновой зеленой инфраструктуры будет иметь наряду с экологическим также и социальное значение: будет с годами формироваться зона эффективного отдыха людей в прибрежной зоне моря вблизи их проживания. Представители фитоценозов, составляющие структуру зеленой инфраструктуры вдоль прибрежной полосы Каспийского моря, будут обладать экологической полифункциональностью – очищать атмосферный воздух от загрязнителей техногенного характера, содержащимися в выбросах промышленных предприятий и автотранспорта, повысят ассимиляционный потенциал окружающей среды, улучшат микроклимат.

Ключевые слова: Азербайджан; Каспийское море; прибрежная полоса; техногенность; зеленая инфраструктура.

WAYS OF FORMING ECOLOGICALLY SUSTAINABLE MULTIFUNCTIONAL GREEN INFRASTRUCTURE ON TECHNOGENIC LANDSCAPES OF THE CASPIAN SEA COASTAL ZONE

Guliyeva L.A.*, Nadzhafova S.I.

Baku State University of the Ministry of Science and Education of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan

Keywords: Azerbaijan; Caspian Sea; coastalzone; technogenic impact; green infrastructure

ВЛИЯНИЕ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ ИЗ РОДА *AZOSPIRILLUM* НА ПШЕНИЦУ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПЕСТИЦИДОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Гуреева М.В.^{1*}, Крюкова В.А.², Еремина А.А.², Трандина В.А.¹, Гуреев А.П.²

¹ Кафедра биохимии и физиологии клетки Воронежского государственного университета, Воронеж, Россия

² Кафедра генетики, цитологии и биоинженерии Воронежского государственного университета, Воронеж, Россия

*E-mail: maryorl@mail.ru

Распространенные в почве сельскохозяйственного назначения поллютанты могут оказывать негативное воздействие на сельскохозяйственные культуры. Это могут быть пестициды, которыми обрабатываются растения, и тяжелые металлы, которые могут поступать на поля в результате орошения недостаточно очищенной водой. Снижать негативное воздействие поллютантов на сельскохозяйственные культуры могут ризосферные бактерии, в том числе представители родов *Azospirillum* и *Niveispirillum*.

В данной работе из семи исследованных штаммов были выбраны наиболее устойчивые к 6 пестицидам в концентрации от 0,5 до 5 рекомендуемых производителем и к 3 тяжелым металлам в концентрации от 0,5 до 5 ПДК в почве.

Устойчивые к пестицидам штаммы успешно инокулировались в ризосферу пшеницы как в присутствии пестицидов, так и в присутствии тяжелых металлов, о чем свидетельствует положительный результат ПЦР с родоспецифичными праймерами.

Как пестициды, так и тяжелые металлы вызывали в бактериальных клетках окислительный стресс. Пестициды в тех же концентрациях вызывали окислительный стресс в пшенице, который частично нивелировался бактериальной инокуляцией. Однако тяжелые металлы в тех же концентрациях в большинстве не оказывали негативного эффекта на пшеницу.

Было показано увеличение уровня экспрессии генов *NDOR* и *GST*, участвующих в детоксификации ксенобиотиков в пшенице, инокулированной *A. thiophilum* B-2513^T, в присутствии циперметрина. Аналогично, *N. irakense* B-2893^T, *A. brasilense* B-1547^T и *A. picis* B-2897^T частично нивелировали снижение экспрессии генов *NDOR* и *GST* при токсичности, индуцированной никелем и свинцом, хотя и не влияли на уровень маркеров окислительного стресса. Возможно, это связано с тем, что используемые нами в эксперименте концентрации тяжелых металлов не вызывали окислительного стресса в пшенице.

Пестициды и тяжелые металлы способствовали значительному подавлению роста и снижению урожайности пшеницы в полевых экспериментах. Наибольший негативный эффект оказывали лямбда-цигалотрин, дифеноконазол, пропиканозол, свинец и никель. Инокуляция семян пшеницы бактериальными штаммами в большинстве случаев нивелировала токсический эффект поллютантов. Значительного эффекта на структуру почвенного микробиома инокуляция семян пестицидами и внесение в почву тяжелых металлов не оказывало.

Ключевые слова: *Azospirillum*; *Niveispirillum*; тяжелые металлы; пестициды.

EFFECT OF RHIZOSPHERE BACTERIA FROM THE GENUS *AZOSPIRILLUM* ON WHEAT UNDER THE IMPACT OF PESTICIDES AND HEAVY METALS

Gureeva M.V.^{1*}, Kryukova V.A.², Eremina A.A.², Trandina V.A.¹, Gureev A.P.²

¹ Department of Biochemistry and Cell Physiology, Voronezh State University

² Department of Genetics, Cytology and Bioengineering, Voronezh State University

Keywords: *Azospirillum*; *Niveispirillum*; heavy metals; pesticides

«BioOxOil»TM – БИОПРЕПАРАТ-НЕФТЕДЕСТРУКТОР ДЛЯ УСЛОВИЙ АРИДНОГО КЛИМАТА И НИЗКИХ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

Давлетшин Т.К.^{1,2*}, Назаров А.М.², Четвериков С.П.³

¹ ООО «Авиахим», Уфа, Россия

² Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

³ Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: dtk1@yandex.ru

В настоящее время загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами является одной из актуальных проблем. При этом остается открытым вопрос их биологической деструкции при помощи микроорганизмов, способных окислять нефтяные углеводороды в широком диапазоне pH 4–11 (так как многие нефтезагрязнения в Западной Сибири локализованы в кислых средах, а для загрязнений южных регионов характерны щелочные значения pH) в условиях аридного климата и низких положительных температур.

Из нефтезагрязненной почвы Республики Башкортостан выделен и депонирован в ВКМ штамм микроорганизмов-нефтедеструкторов под регистрационным номером Ас-2901D. Сравнительный анализ нуклеотидной последовательности гена, кодирующего 16S рРНК, с известными структурами из GenBank позволяет утверждать, что микроорганизм относится к виду *Rhodococcus degradans* (100% сходства с типовым штаммом вида ССМ 4446^T). Штамм обладает высокой утилизирующей способностью по отношению как к нефти, так и к нефтепродуктам в широком диапазоне pH среды (от 4,5 до 11,0) при очистке почвы и воды. За 2 месяца при исходном 8 %-ом загрязнении штамм способен к деструкции до 98,6 % нефти, 99 % дизельного топлива и 68,6% мазута.

На основе штамма разработан биопрепарат-нефтедеструктор (ТУ 20.41.20-001-67850446 -2021, рабочий титр не менее $1,0 \cdot 10^8$ КОЕ/мл) с зарегистрированной торговой маркой «BioOxOil».

Испытания биопрепарата для очистки почв от нефти проводили в условиях низких положительных температур (температура воздуха колебалась в интервале от 0 до 9°C) в условиях нефтезагрязненного участка территории ООО «РН-Пурнефтегаз» (Ямало-Ненецкий автономный округ Российской Федерации, загрязнение 5%) и в условиях аридного климата Атыраукской области Республики Казахстан (в летне-осенний период, суточная амплитуда температуры воздуха доходила до 32°C, ночная температура при этом опускалась до 0 - 8°C при абсолютной влажности воздуха, не превышающей 11%) на месторождении Каратон (при загрязнении 14%), оставляя часть участков без обработки в качестве контроля. На момент месячной экспозиции испытаний деструкция углеводородов составила 92 % в условиях пониженных положительных температур, а трехмесячной экспозиции в условиях аридного климата - 91 %, в контроле содержание нефти существенно не изменилось.

Ключевые слова: биопрепарат-нефтедеструктор; психротолерантные микроорганизмы; *Rhodococcus degradans* H33; аридный климат.

«BioOxOil»TM – BIOPREPARATION-OIL DESTRUCTOR FOR ARID CLIMATE CONDITIONS AND LOW POSITIVE TEMPERATURES

Davletshin T.K.^{1,2*}, Nazarov A.M.², Chetverikov S.P.³

¹ LLC «Aviahim», Ufa, Russia

² Ufa state petroleum technological university, Ufa, Russia

³ Ufa Institute of Biology of the UFRC RAS, Ufa, Russia

Keywords: oil-destructing biopreparation; psychrotolerant microorganisms; *Rhodococcus degradans* H33; arid climate

РАЗНООБРАЗИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ ТЕХНОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ – СКРИНИНГ ШТАММОВ И РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ В РЕМЕДИАЦИИ В МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Давыдов Д.А.*, Вильнет А.А.

Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского научного центра РАН, Апатиты, Россия

*E-mail: d.davydov@ksc.ru

В процессе работы угольных электростанций и добычи полезных ископаемых образуются золошлаковые отходы, которые вместе с технологическими водами размещаются в отвалах. Эти хранилища золы и шлака оказывают негативное воздействие на окружающую среду из-за незащищённой поверхности, подверженной ветровой и водной эрозии. В результате загрязняющие вещества распространяются в прилегающие экосистемы, ухудшая качество почвы и водных ресурсов, а также создавая доказанные риски для экологии и здоровья человека. Рекультивация техногенных субстратов является важнейшей проблемой для многих промышленных регионов. В России, как и в ряде стран, уголь по-прежнему является наиболее широко используемым источником энергии для производства электроэнергии. Поскольку в России утилизируется только 10% угольной золы, существует острая необходимость в совершенствовании мер по ее рекультивации, так как значительные площади остаются нерекультивированными, прежде всего из-за высокой стоимости применяемых технологий или сохраняющейся высокой токсичности субстратов. Проблема рекультивации терриконов заключается в том, что они могут содержать токсичные элементы (тяжелые металлы), имеют высокую щелочность, бедны органическими соединениями и плохо удерживают воду, что затрудняет естественное восстановление растительности. Перспективным представляется изучение штаммов цианобактерий, устойчивых к тяжелым металлам, для разработки технологий зарастания шлаков.

В данном исследовании были изучены цианобактериальные сообщества на трёх участках золоотвалов Апатитской ТЭЦ (Мурманская область, Россия) с разным сроком вывода из эксплуатации первичная сукцессия начинается с колонизации цианобактерий. Всего было идентифицировано 18 таксонов цианобактерий. Морфологический анализ видимых поверхностных корок выявил 16 различных видов, а 24 выделенных штамма (представляющих 11 видов) были подтверждены молекулярно-генетическими методами с использованием секвенирования гена 16S рНК.

Колонизация цианобактериями начинается сразу после размещения золы. Ранние сообщества характеризуются низким видовым разнообразием (всего четыре таксона) и отсутствием сплошного почвенного покрова. Однако со временем, как показали наблюдения за 30-летним отвалом, происходит естественное восстановление растительности, сопровождающееся значительным увеличением разнообразия цианобактерий – до 12 видов.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 25-14-20011, <https://rscf.ru/project/25-14-20011/>.

Ключевые слова: цианобактерии; техногенные субстраты; зольные отвалы; рекультивация земель.

CYANOBACTERIAL DIVERSITY IN TECHNOGENIC DEPOSITS: STRAIN SCREENING AND REMEDIATION STRATEGY DEVELOPMENT FOR THE MURMANSK REGION

Davydov D.A.*, Vilnet A.A.

Polar-Alpine Botanic Garden-Institute – Separate subdivision of Federal Research Centre ‘Kola Science Centre’

Keywords: cyanobacteria; technogenic substrates; fly ash dumps; land reclaiming

ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНО-МИКРОБНОЙ АССОЦИАЦИИ НА ОСМОТИЧЕСКИЙ СТРЕСС

Денисова А.Ю.^{1*}, Ткаченко О.В.¹, Бурьгин Г.Л.^{1,2}, Евсеева Н.В.²

¹ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», Саратов, Россия

*E-mail: alena.denisova1408@yandex.ru

Стресс, вызванный засухой, является одним из самых разрушительных абиотических факторов для сельскохозяйственных культур. Под действием засухи в растениях снижается эффективность фотосинтеза, замедляются ростовые процессы, а также образуется избыточное количество повреждающих растения активных форм кислорода.

Целью работы было исследование влияния комбинации бактерий *Azospirillum baldaniorum* Sp245 и *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 на физиолого-морфологические и биохимические параметры, а также относительный уровень транскрипции генов, связанных с антистрессовым ответом микроклонов картофеля в условиях *in vitro*. Микро растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Невский инокулировали суспензией бактерий в концентрации 10⁶ кл/мл. Осмотический стресс создавали путем добавления в среду полиэтиленгликоля (М.м. 6000). Оценку физиолого-морфологических и биохимических параметров растений, а также относительного уровня транскрипции генов проводили на 7-ые сутки действия стресса и на 7-ые сутки репарации.

В благоприятных условиях бактерии стимулировали ростовые параметры растений, в частности длину и сырую массу побегов в среднем на 34%, а также количество корней на 25%. Бактеризация способствовала смягчению действия осмотического стресса, что выражалось в увеличении длины побега на 22% при стрессе, длины побега и количества корней в среднем на 18% при репарации. Инокуляция бактериями способствовала повышению активности каталазы на 25% и более высокому содержанию пролина в листьях на 21% при стрессе, что приводило к уменьшению содержания перекиси водорода и малонового диальдегида в листьях, как при стрессе на 60% и 30% соответственно, так и при репарации в среднем на 30%. Также было отмечено влияние бактерилизации на дифференциальную экспрессию ряда генов, связанных с биосинтезом/деградацией абсцизовой и жасмоновой кислот, а также этилена.

Ключевые слова: *in vitro*; картофель; *Azospirillum baldaniorum* Sp245; *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2; осмотический стресс.

RESPONSES OF THE PLANT-MICROBIAL ASSOCIATION TO OSMOTIC STRESS

Denisova A.Yu.^{1*}, Tkachenko O.V.¹, Burygin G.L.^{1,2}, Evseeva N.V.²

¹ Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

² Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms Russian Academy of Sciences

Keywords: *in vitro*; potato; *Azospirillum baldaniorum* Sp245; *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2; osmotic stress

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВЫСОКОГОРНЫХ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ТАДЖИКИСТАНЕ

Джураева М.М.^{1,2*}, Биркеланд Н.-К.², Бободжонова Х. И.¹

¹ Центр биотехнологии Таджикского национального университета, Душанбе, Таджикистан

² Факультет биологических наук, Бергенский университет, Берген, Норвегия

*E-mail: dmunavvara@bk.ru

MICROBIAL DIVERSITY AND BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF HIGH-ALTITUDE GEOTHERMAL SPRINGS IN TAJIKISTAN

Dzhuraeva M.M.^{1,2*}, Birkeland N.-K.², Bobodzhonova Kh. I.¹

¹ Center of Biotechnology of the Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

² Department of Biological Sciences, University of Bergen, Bergen, Norway

High-altitude geothermal springs are unique and extreme ecosystems that host a diverse range of thermophilic microorganisms with valuable physiological and metabolic traits. In this study, we investigated the microbial diversity and biotechnological potential of the Tamdykul geothermal springs located in the mountainous region of Tajikistan. Using both metagenomic and culture-based approaches, we characterized the microbial community composition and screened for the presence of industrially relevant enzymes.

Aerobic and anaerobic thermophilic bacteria were isolated from 5 high-altitude mineralized Tajik geothermal springs with temperatures ranging from 43 to 89°C, microbial diversity of which have not yet been explored.

Metagenomic analysis revealed a microbial community dominated by the *Thermaceae*, *Aquificaceae*, and *Halothiobacillaceae* families, as well as the discovery of a novel archaeon from the *Desulfurococcaceae* family. The high-quality metagenomic genome (MAG) led to the proposal of a new genus and species, *Zestomicrobium tamdykulense* gen. nov., sp. nov., a hyperthermophilic archaea with genes encoding hydrogen-producing hydrogenases and anaerobic metabolic pathways.

In parallel, the identification of isolates based on 16S rRNA gene sequences revealed thermophilic members of *Bacillus*, *Aeribacillus*, *Anoxybacillus*, *Geobacillus*, *Parageobacillus*, *Thermotoga*, *Thermus*, *Thermobaculum*, *Fictibacillus*, *Caldanaerobacter*, *Fervidobacterium*, and *Thermovorax* spp., which were cultured from spring sediments and water. More than 100 isolates demonstrated extracellular production of thermostable enzymes such as proteases, casein, amylases, lipases and cellulases, with optimal activity observed at temperatures above 65 °C. Some of the isolated bacilli shared less than 96% 16S gene sequence similarity with their closest match in GenBank, indicating that Tajik geothermal springs harbor potentially novel bacilli species.

These results highlight a rich and largely unexplored microbial diversity of the geothermal environments of Tajikistan. The novel archaeal taxa and robust thermozymes identified in this study offer promising prospects for future applications in biotechnology, including bioenergy and industrial biocatalysis.

Acknowledgments: This work was funded by the Eurasia Program of the Norwegian Directorate for Higher Education and Skills (HK-dir) (CPEA-LT-2017/10061).

Keywords: high-altitude, Tajikistan, biotechnological potential, extreme ecosystem, biotechnology extremophiles

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВАХ АНТРОПОГЕННО- ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ КАРЕЛИИ

Дубина-Чехович Е.В.*, Бахмет О.Н.

ФИЦ Карельский научный Центр РАН, ОКНИ, Петрозаводск, Россия

*E-mail: d-chehoich@yandex.ru

Органическое вещество почвы играет ключевую роль в поддержании её плодородия и углерододепонирующей функции. Особое значение этот фактор приобретает на антропогенно-преобразованных территориях Карелии. Сельскохозяйственные угодья в данном регионе занимают 1,2% от общей площади. Однако многие из этих территорий подвержены влиянию автотранспортных выбросов, в составе которых содержится 20–60% углерода от массы $PM_{2.5}$ (Lin et al., 2020; Giechaskiel et al., 2022). Несмотря на значимость проблемы, влияние этих выбросов на агропочвы региона изучено недостаточно, что актуализирует данное исследование для разработки стратегий устойчивого землепользования. Цель исследования – оценка изменений в накоплении углерода в старопахотных почвах под воздействием выбросов автомобильно-дорожного комплекса в условиях среднетаежной зоны. Исследование проведено в южной и центральной агроклиматических зонах Карелии на мелиорированных сельскохозяйственных угодьях, граничащих с автодорогами. Объекты представлены следующими почвами: старопахотными агроземами текстурно-дифференцированными глееватыми и глеевыми; агроземами альфегумусовыми глеевыми. Угодья последние 20 лет использовались под сенокосы. Отбор почвенных проб проводили по градиенту удаленности от дороги (15, 50, 150 м), а также на фоновых территориях (18–30 км от источника загрязнения) по генетическим горизонтам. В ходе исследования установлено, что концентрация углерода в почвенных горизонтах возрастала по мере увеличения расстояния от автомагистрали: на удалении 150 м значения в 2,6 раза превышали показатели на ближних к дороге участках (15 м), а в сравнении с фоновыми территориями – в 5,4 раза. Максимальное содержание Сорг в старопахотной толще почв разного генезиса под воздействием выбросов автотранспорта отмечено в поверхностном горизонте АУгз (от 0 до 3-5 см) – 6,33 – 16,01%, тогда как в фоновых условиях верхний горизонт аккумулировал лишь 3,13 (агрозем альфегумусовый глеевый) и 3,76% (агрозем текстурно-дифференцированный глеевый). Достоверные различия относительно горизонтов Р1 и Р2 в импактной зоне отмечены только в АУгз текстурно-дифференцированных глееватых почв в 50 м от дороги. Запасы Сорг в метровом слое почв в зоне воздействия автотранспорта превышали фоновые значения до 3,5 раз, варьируя в диапазоне от 298,5 до 545,5 тС/га. Секвестрация углерода старопахотным агрогумусовым горизонтом на импактных территориях демонстрировала различия с контрольными участками до 4,8 раз (200,6–445,2 тС/га), тогда как в слое 25(31)–100 см запасы Сорг были сопоставимы с фоновыми или незначительно выше (93,9–113,7 тС/га). Кроме того, выявлены существенные изменения агрохимических характеристик придорожных почв: реакция почвенной среды варьировала от близкой к нейтральной до щелочной ($pH_{водн.} = 6,83 \pm 0,08 - 7,82 \pm 0,12$); отмечено очень высокое и высокое содержание подвижных форм фосфора (460,0–2359,1 мг/кг) и калия (152,4–845,8 мг/кг); высокое накопление азота (0,20–1,71%). При этом соотношение С:N ((10–144):1) значительно изменено, а концентрации тяжелых металлов превышали ПДК/ОДК до 2,2 раз, фон – до 19. Позитивный эффект транспортных эмиссий на накопление органического углерода в почвах нивелируется сопряженным поступлением поллютантов.

Ключевые слова: содержание и запасы углерода, старопахотные агроземы, выбросы, автомобильно-дорожный комплекс, средняя подзона тайги

PATTERNS OF SPATIAL DIFFERENTIATION OF ORGANIC MATTER IN SOILS OF ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED LANDSCAPES OF KARELIA

Dubina-Chekhovich E.V.*, Bakhmet O.N.

Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk, Russia

Keywords: carbon content and pools, anthropogenic agrosols, traffic-related emissions, middle taiga subzone

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ФОТОСИНТЕЗА ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Евлаков П.М.*, Рыжкова В.С., Жужукин К.В.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

*E-mail: peter.evlakov@yandex.ru

Целью исследования являлся анализ сезонных изменений фотосинтетической активности и связанных с ней параметров газообмена листьев древесных пород (*Populus*, *Betula*, *Pinus*) в зависимости от метеорологических условий Центральной лесостепи Европейской части России, с учетом применения их в программах повышения углеродного поглощения.

Исследования параметров углекислотного газообмена межсекционного гибрида тополя 'Э.с.-38', березы повислой 'Углянческая-1' и сосны обыкновенной проводились в течение вегетационного периода 2024 год на экспериментальном калибровочном полигоне питомнического комплекса Воронежской области. Ключевые фотосинтетические показатели растений в динамике оценивали в полевых условиях с помощью портативной газометрической системы CI-340.

Было установлено, что у лиственных растений тополя и берёзы интенсивность фотосинтеза достигала максимальных значений в первой половине вегетации, а минимальных – в конце вегетационного периода. Сезонная динамика фотосинтетической активности у этих видов имела одновершинный характер. Максимум ассимиляции CO₂ отмечен у межсекционного гибрида тополя 'Э.с.-38' в апреле – 22,77 мкмоль/м²/с, что связано с ранним началом вегетации и повышением средних температур воздуха на 5,5°C относительно нормы (до 9,1°C). У берёзы повислой 'Уг.-1' наиболее благоприятные условия температуры и увлажнения в июле способствовали достижению пика фотосинтетической активности – 25,5 мкмоль/м²/с.

У сосны обыкновенной наблюдался двухвершинный характер динамики интенсивности фотосинтеза с максимумами в июне (20,8 мкмоль/м²/с) и сентябре (18,1 мкмоль/м²/с). Это связано с высокой устойчивостью сосны к засухе: при среднемесячной температуре воздуха в сентябре, превышающей среднемноголетние значения на 3,7°C (до 15°C), и при ГТК=0, восстанавливалась её функциональная активность, что способствовало поддержанию высокой биологической продуктивности сосны вплоть до октября.

Подчеркивается необходимость учета сезонной динамики и видоспецифических особенностей фотосинтетической активности древесных пород при реализации природоохранных и климатических программ, направленных на улучшение углеродного баланса экосистем лесостепной зоны Европейской части России. Исследуемые древесные породы могут способствовать эффективному долгосрочному поглощению CO₂, даже в условиях климатических и погодных стрессов, за счет разной стратегии адаптации и сезонной динамики фотосинтетической продуктивности.

Ключевые слова: фотосинтетическая активность, береза, тополь, сосна обыкновенная, вегетационный период

FEATURES OF SEASONAL DYNAMICS OF PHOTOSYNTHESIS OF TREE SPECIES IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL FOREST-STEPPE OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

Evlakov P.M.*, Ryzhkova V.S., Zhuzhukin K.V.

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Keywords: photosynthetic activity, birch, poplar, scots pine, vegetation period

ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТНОГО ОТВЕТА КОРНЕЙ ГОРОХА К ПОЧВЕННЫМ ПАТОГЕНАМ

Егорова А.М.

Казанский институт биохимии и биофизики – структурное подразделение Федерального исследовательского центра Казанский научный центр Российской Академии наук, Казань, Россия

E-mail: egorova@kibb.knc.ru

Корневые гнили гороха, возбудителями которых являются представители *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Aphanomyces*, приводят к повреждению корневой системы, вследствие чего происходит задержка роста и снижение урожайности либо гибель растений. Расширение подходов, позволяющих более точно подходить к вопросам защиты посевов гороха от почвенных патогенов, инфицирующих корни, может помочь в уменьшении потерь урожая. В этой связи, выявление новых участников защиты растений от патогенов могут помочь в поиске подходов как для реализации защитных мероприятий, так и для селекции устойчивых к болезням сортов. Фузариозная корневая гниль является одной из наиболее вредоносных болезней гороха и представляет большую проблему для посевов особенно в начале прорастания и на стадии проростков. Важную роль в защите растений гороха от *Fusarium* играют гены *rl39*, *DRR230-A* и *DRR230-B*, относящиеся к дефенсинам. Активация дефенсинов характерна для жасмонат-зависимого сигнального пути, тогда как при инфицировании *Fusarium* была показана активация салицилат-зависимого сигнального пути. Считается, что салицилат-зависимый сигнальный путь активируется в ответ на инфицирование биотрофными патогенами, тогда как жасмонат-зависимый путь – при инфицировании некротрофами. В ходе предыдущих исследований нами были выявлены гены и белки, характерные для активации салицилат- и жасмонат- зависимых сигнальных путей в корнях гороха. Салициловая кислота приводила к активации экспрессии генов хитиназа-подобных белков и повышения их содержания. Метилжасмонат индуцировал гены ингибиторов протеаз и кодируемых ими белков. В работе был проведен анализ экспрессии генов синтеза, рецепции и сингалинга связанных с салицилатным и жасмонатным путями при инфицировании проростков гороха *Fusarium solani*. Инфицирование проростков гороха вызывало активацию экспрессии гена хитиназа-подобного белка (*Psat1g148600*). Кроме того, активировалась экспрессия гена PR-1 белка (*Psat1g211480*), индуцируемого салицилатом в корнях гороха. Экспрессия генов дефенсина (*Psat4g112000*) и ингибиторов протеаз (*Psat1g116360*, *Psat1g112520*, *Psat0s2953g0040*) характерных для жасмонат-зависимого пути в корнях гороха не изменялась.

Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан» (Соглашение № 63/2024-ПД от 16.12.2024).

Ключевые слова: *Pisum sativum*; корни; салициловая кислота; жасмоновая кислота

FEATURES OF THE PEA ROOTS DEFENSE RESPONSE TO SOIL PATHOGENS

Egorova A.M.

Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

Keywords: *Pisum sativum*; roots; salicylic acid; jasmonic acid

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ДЕТЕРМИНАНТ ШТАММОВ РОДА *RHODOCOCCLUS*, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ИХ ПХБ-ДЕГРАДАТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

Егорова Д.О.

«Институт экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения Российской академии наук» - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия

E-mail: daryao@rambler.ru

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) – группа соединений антропогенного происхождения, характеризующаяся уникальными физико-химическими свойствами. Данные соединения устойчивы к воздействию абиотических факторов, а при проникновении в организм животных и человека вызывают повреждения органов и тканей. Основными природными агентами, разрушающими ПХБ, выступают аэробные бактерии. Гены, кодирующие ферменты деструкции ПХБ, могут быть расположены как на хромосоме, так и на плазмидах большой молекулярной массы. Ключевым ферментом является бифенил 2,3-диоксигеназа (БДО), катализирующая окисление молекулы ПХБ до дигидрокси-ПХБ. Каталитический центр располагается на α -субъединице БДО, кодируемой геном *bphA1*.

Цель исследования – изучить особенности генетических детерминант, обуславливающих разложение ПХБ, у штаммов рода *Rhodococcus*.

В работе использованы штаммы рода *Rhodococcus*, изолированные из почв, длительное время загрязненных хлорированными органическими соединениями.

Установлено, что у штаммов *Rhodococcus ruber* P25, *Rhodococcus opacus* KT112-7 и *Rhodococcus opacus* CH628 присутствуют плазмиды большой молекулярной массы (50-500 т.п.н.), тогда как у штамма *Rhodococcus opacus* FG1 методом пульс-электрофореза плазмиды не выявлены.

Анализ нуклеотидной последовательности гена *bphA1* у штаммов *R. opacus* KT112-7 и *R. opacus* FG1 показал, что данные гены кодируют α -субъединицу БДО принадлежащую семейству классических бифенил/толуол диоксигеназ. Несмотря на то, что штаммы *R. opacus* FG1 и *R. opacus* CH628 выделены из почв, отобранных на территории одного предприятия, нуклеотидные последовательности гена *bphA1* имеют существенные отличия. *bphA1*_{CH628} кодирует α -субъединицу БДО, обладающую высоким уровнем сходства с семейством нафталиновых диоксигеназ. В штамме *R. ruber* P25 выявлен ген *bphA1*, кодирующий α -субъединицу БДО принадлежащую семейству фенил пропионат диоксигеназ.

Таким образом, выявлено существенное разнообразие генетических детерминант, обуславливающих ПХБ-деградативный потенциал у штаммов рода *Rhodococcus*.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 24-24-00498.

Ключевые слова: *Rhodococcus*, *bphA1*, хромосома, плазмиды.

FEATURES OF GENETIC DETERMINANTS OF *RHODOCOCCLUS* STRAINS THAT CONTRIBUTE TO THEIR PCB-DEGRADING POTENTIAL

Egorova D.O.

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

Keywords: *Rhodococcus*, *bphA1*, chromosome, plasmids

СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К ДЕФИЦИТУ КИСЛОРОДА И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РЕОКСИГЕНАЦИИ

Емельянов В.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: bootika@mail.ru

Одним из важнейших неблагоприятных факторов, влияющих на растения, является дефицит кислорода, который развивается вследствие избыточного увлажнения и затопления. От него страдают как природные экосистемы, так и посадки культурных растений, что приводит к существенным потерям урожая. Способность адаптироваться к кислородной недостаточности связана с наличием различных морфогенетических, морфологических, физиологических и биохимических приспособлений, многие из которых опосредованы существенными изменениями обмена веществ. Эти изменения позволяют устойчивым растениям вырабатывать достаточное количество энергии, поддерживать водное и минеральное питание и даже расти в дефицитной по кислороду среде. Устойчивость к недостатку кислорода растительных организмов, являющихся облигатными аэробами, возникла в ходе эволюции у ряда гидрофитных растений. Выделяют две стратегии адаптации: избегание анаэробной среды и покой. Они затрагивают изменения, происходящие в растениях на разных уровнях организации, от геномного до фенотипического. Стратегия избегания кислородной недостаточности (low oxygen escape syndrome, LOES) заключается в ускорении роста осевых органов растений, формировании придаточных корней, аэренхимы и воскового налёта на побегах, а также в обеспечении подводного фотосинтеза при затоплении. В результате, побеги начинают активно транспортировать воздух в затопленные части растения. Стратегия избегания наиболее распространена среди гидрофитов, обитающих в условиях постоянного затопления. Стратегия покоя (low oxygen quiescence syndrome, LOQS) характеризуется торможением роста и обмена веществ, что приводит к ограничению потребления углеводов и выработки токсичных продуктов брожения. Эта стратегия позволяет экономить ресурсы и пережить непродолжительные периоды внезапного затопления. После снижения уровня воды и возвращения условий нормальной аэрации растения возобновляют рост, используя сохраненную энергию. В естественной среде обитания вслед за периодом гипо/аноксии обычно следует восстановление аэробных условий, и растения оказываются в условиях постаноксического окислительного воздействия, которое может приводить к гибели растения даже в том случае, если оно пережило условия ануксии. В предлагаемом докладе обсуждаются изменения метаболома и протеома у растений, различающихся по устойчивости к дефициту кислорода, и придерживающихся той или иной стратегии адаптации при действии гипо/аноксии и реоксигенации.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №25-14-00074.

Ключевые слова: гипоксия, ануксия, реаэрация, метаболом, протеом, адаптация

STRATEGIES OF PLANT ADAPTATION TO OXYGEN SHORTAGE AND SUBSEQUENT REOXYGENATION

Yemelyanov V.V.

Saint-Petersburg State University, St Petersburg, Russia

Keywords: hypoxia, anoxia, reoxygenation, metabolome, proteome, adaptation

СВОБОДНОРАДИКАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ СОИ РАЗНЫХ СОРТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ФИТОГОРМОНАМИ КИНЕТИНОМ И 24-ЭПИБРАССИНОЛИДОМ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ АЭРАЦИИ

Ершова А.Н.*, Возгорькова Е.О.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Воронеж, Россия

*E-mail: profershova@mail.ru

Сою (*Glycine max* L.) называют перспективной бобовой культурой. Благодаря селекционной работе были получены сорта, которые позволяют добиться высоких показателей урожайности и в Центральном Черноземье. Однако нормальное развитие сои существенно зависит от изменяющихся факторов окружающей среды, включая как дефицит, так и избыток влаги. При переувлажнении или затоплении почвы возникает дефицит кислорода (гипоксия) и в клетках растений активируются свободнорадикальные процессы (СРО). Для повышения устойчивости к неблагоприятным факторам среды растения стали обрабатывать различными группами фитогормонов, включая цитокинины и брассины. Для исследования были выбраны растения раннеспелых сортов сои «Белгородская 48» и сорта «Оресса», рекомендованных для Центрального региона России. Проростки, отделенные от корней и эндосперма, поглощали с транспирационным током растворы фитогормонов кинетина и 24-эпибрасинолида и далее переносили в условия разных газовых сред (воздух, гипоксия, CO₂–среда) на 3, 6 и 24 час. Содержание пероксида водорода, наиболее стабильной формы АФК, определяли спектрофотометрически с использованием пероксидазы и рассчитывали на мг белка.

Было показано, что в растениях сои сорта «Белгородская 48» содержание пероксида водорода возрастало до 224% при гипоксии, а в условиях CO₂ – среды увеличивалось до 140% по отношению к контролю. У проростков сои сорта «Оресса» после небольшого увеличения содержание пероксида возвращалось к контрольным значениям к 24 часам, что свидетельствует о способности растений данного сорта более эффективно регулировать скорость СРО. Предобработка кинетином и особенно 24-эпибрасинолидом проростков сорта «Белгородская 48» уменьшала образование пероксида водорода на 20-30% в условиях гипоксии и на 30-50% в условиях CO₂ – среды, достигая практически уровень аэрируемых растений. У растений сорта «Оресса» содержание пероксида под влиянием фитогормонов так же существенно снижалось, начиная с первых часов действия гипоксии и CO₂ – среды, а в конце опыта становилось даже ниже уровня контрольных растений на 20-40%, особенно при действии 24-эпибрасинолида.

Проведенные исследования подтвердили наличие сортовых особенностей реакции растений сои на условия кратковременной гипоксии на уровне процессов СРО. Было так же установлено, что применение фитогормонов кинетина и 24-эпибрасинолида для менее устойчивых сортов сои позволяет уменьшать скорость образования АФК и, следовательно, повышать их устойчивость к стрессовым воздействиям, включая дефицит кислорода.

Ключевые слова: гипоксия, кинетин, 24-эпибрасинолид, пероксид водорода, сорта, соя

FREE RADICAL PROCESSES IN SOY PLANTS OF DIFFERENT VARIETIES WHEN TREATED BY PHYTOHORMONES KINETIN AND 24-EPIBRASSINOLIDE UNDER DIFFERENT AERATION CONDITIONS

Ershova A.N.*, Vozgorkova E.O.

Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia

Keywords: hypoxia, kinetin, 24-epibrassinolide, hydrogen peroxide, varieties, soy

РАЗНООБРАЗИЕ БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ ХЛОРФЕНОКСИУКСУСНЫХ КИСЛОТ ПОЧВ ПРОМЫШЛЕННЫХ БИОЦЕНОЗОВ Г. УФЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

Жарикова Н.В.^{1*}, Анисимова Л.Г.²

¹ Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² ГБУ РБ «Научно-исследовательский технологический институт гербицидов и регуляторов роста растений с опытно-экспериментальным производством Академии наук Республики Башкортостан», Уфа, Россия

*E-mail: puzzle111@yandex.ru

Известно, что гербициды используются для уничтожения сорных растений с целью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. По объемам применения эти препараты являются серьезными источниками загрязнения окружающей среды, что несет потенциальную опасность здоровью человека.

Одним из наиболее широко используемых гербицидов в мире является 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д). К этой же группе относятся менее востребованные действующие вещества гербицидов и регуляторов роста растений – 2,4,5-трихлорфеноксиуксусная (2,4,5-Т) и 4-хлорфеноксиуксусная кислоты (4-ХФУК). При внесении хлорфеноксиуксусных кислот в биоценозы лишь очень небольшая их часть, поглощается сорняками, остальное же поступает в почву и грунтовые воды. Так как метаболизм почвенных бактерий является главным фактором разложения гербицидов в природе, представляется перспективным провести поиск бактериальных деструкторов в сложившихся зонах загрязнений (таких как промзона г.Уфы) и оценить их разнообразие.

Из образцов почвы и сточных вод промышленной зоны предприятия ОАО «Уфахимпром» были выделены десять бактериальных штаммов, четыре из них окрашивались как грамположительные культуры, остальные оказались грамотрицательными. Активность объектов исследования по отношению к хлорфеноксиуксусным кислотам оценивали визуально по наличию/отсутствию роста в минимальной солевой среде с 4-ХФУК/2,4-Д/2,4,5-Т в концентрации 500 мг/л в качестве единственного источника углерода. Показано, что все десять бактериальных культур способны отдельно использовать 4-ХФУК и 2,4-Д как единственный источник углерода, в то время как 2,4,5-Т – только четыре. Вероятно, это связано с тремя атомами хлора в молекуле 2,4,5-Т, два из которых находятся в *орто*-положении, что делает это соединение малодоступным источником углерода для многих бактерий. Определение таксономического положения до уровня рода выявило среди изолятов представителей родов *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Enterobacter* и *Xanthomonas*.

Ключевые слова: 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота; 2,4,5-трихлорфеноксиуксусная кислота; 4-хлорфеноксиуксусная кислота; гербициды; биоремедиация

DIVERSITY OF BACTERIA DEGRADER STRAINS OF CHLOROPHENOXYACETIC ACIDS of SOILS OF INDUSTRIAL BIOCENOSIS OF UFA CITY OF BASHKORTOSTAN

Zharikova N.V.^{1*}, Anisimova L.G.²

¹ Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

² State Budgetary Institution of the Republic of Bashkortostan «Research Technological Institute of Herbicides and Plant Growth Regulators with Pilot Production of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan», Ufa, Russia

Keywords: 2,4-dichlorophenoxyacetic acid; 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid; 4-chlorophenoxyacetic acid; herbicides; bioremediation

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Желтухин А.В.*, Тимофеева О.А.

Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия

*E-mail: ArtemiyJ@mail.ru

Используемые во всем мире с древних времен для лечения различных заболеваний человека, лекарственные растения на сегодняшний день приобрели популярность в фармацевтической, косметической, пищевой промышленности. Стратегия всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) направлена на укрепление роли народной медицины, популяризацию и включение лекарственных растений в системы здравоохранения [Sánchez *et al.*, 2020]. В РФ в рамках указа президента РФ «О стратегии научно-технологического развития РФ до 2035 г» разработана НТИ (научно-технологическая инициатива), которая включает системные решения по определению ключевых технологий. Одним из перспективных направлений является создание отрасли лекарственного растениеводства с использованием технологии оценки и разработки многокомпонентных естественных лекарственных средств, а также производства и адресной доставки персонализированных лечебных «функциональных» продуктов и естественных биостимуляторов».

Была проведена оценка ресурсного потенциала лекарственных растений (душица обыкновенная, девясил высокий, зверобой продырявленный, мать-и мачеха обыкновенная, пустырник пятилопастной, иван-чай узколистный, клевер луговой) в РТ, которая показала, что в условиях Республики Татарстан (РТ) запасы лекарственных растений не позволяют собирать их в промышленных масштабах. Допустимый размер сбора лекарственных растений без нарушения состояния их популяций, в зависимости от размеров и степени их распространенности в РТ, составляет не более 3-4 кг (сырого веса) со 100 кв.м. Учитывая высокий интерес к веществам вторичного метаболизма растительного происхождения как источнику для производства пищевых продуктов, современных лекарств, натуральных средств для косметологии и защиты растений, можно предложить создание искусственных посадок лекарственных растений. Кроме того, некоторые лекарственные растения, как, например, шалфей лекарственный, ромашка аптечная выращивают только в посадках. В связи с этим необходимо выявление комплекса факторов окружающей среды, характерных для регионов с наилучшим качеством лекарственного растительного сырья, которые можно рекомендовать для выращивания тех или иных лекарственных растений.

Ключевые слова: лекарственные растения; ресурсный потенциал лекарственных растений; искусственные посадки лекарственных растений; ромашка аптечная

DRUG PLANTS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Zheltukhin A.V.*, Timofeeva O.A.

Kazan (Volga region) Federal university, Kazan, Russia

Keywords: drug plants; drug plants resource potential; artificial planting of drag plants; chamomile

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДВУХ РЕДКИХ ВИДОВ РОДА *HEDYSARUM*

Жигунова С.Н. *, Федоров Н.И.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: Zigusvet@yandex.ru

Для эффективной охраны редких видов сосудистых растений необходимы знания о их экологической приуроченности. Особенно это актуально в настоящее время когда во всем мире фиксируются значительные климатические изменения, которые могут приводить к сдвигам фенологических фаз развития растений, к изменению их жизненного состояния и конкурентных взаимоотношений видов в сообществе. *Hedysarum argyrophyllum* Ledeb. (Fabaceae) – эндемик Южного Урала, включен в Красные книги Республики Башкортостан, Челябинской и Оренбургской областей. *Hedysarum grandiflorum* Pall. имеет более широкий ареал, чем *H. argyrophyllum* но в связи с приуроченностью к кальциевым склонам и антропогенному воздействию в настоящее время является уязвимым и охраняется в нескольких регионах Европейской части России и в том числе включен в Красную книгу Российской Федерации. Эти близкородственные виды имеют большой полиморфизм и переходные формы, поэтому некоторые авторы ранее считали *H. argyrophyllum* подвидом *H. grandiflorum* [Федченко, 1948]. Поэтому представляет интерес изучение их географических ареалов и биоклиматических факторов, которые влияют на их распространение.

Модели потенциальных ареалов видов были рассчитаны в программе MaxEnt 3.4.3 [Phillips, 2021] с использованием 335 геопривязанных точек известных локалитетов *H. grandiflorum* и 83 точек *H. argyrophyllum*. Во всех локалитетах были рассчитаны климатические и эдафические показатели. Потенциальный ареал *H. grandiflorum* охватывает Волжско-Камское междуречье, Волжско-Донское междуречье, Заволжье и Приуралье. При этом потенциальный ареал дизъюнктивный и высокопригодные местообитания сосредоточены небольшими участками. Потенциальный ареал *H. argyrophyllum* значительно меньше. Высокопригодные местообитания имеются в Республике Башкортостан, Оренбургской и юго-западной части Челябинской области. Климатические факторы, вносящие наибольший вклад в потенциальный ареал у обоих видов сходные. Наибольшее влияние имеют показатели температурной сезонности и количества осадков в наиболее сухой месяц. Диапазоны значений большинства климатических факторов в известных локалитетах *H. grandiflorum* значительно шире, чем *H. argyrophyllum*. Диапазон среднегодовой температуры в местообитаниях *H. grandiflorum* составляет от 2,7 до 9,7 °C (в среднем 5,6 °C), а *H. argyrophyllum* – 2,7 до 5,4 °C (в среднем 4,0 °C). Средние значения среднегодового количества осадков у видов сходные и свидетельствуют о ксерофитности видов, однако диапазон количества осадков у второго вида шире, так как он может встречаться в более мезофитных местообитаниях. Вклад почвенных факторов в распространение *H. argyrophyllum* значительно ниже, чем у *H. grandiflorum*, на распространение которого значительное влияние оказывает показатель ёмкости катионного обмена почв, что отражает большую приуроченность этого вида к кальциевым склонам.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 123020800001-5.

Ключевые слова: *Hedysarum*; потенциальный ареал; MaxEnt; диапазон климатических факторов.

CLIMATIC FACTORS AND DISTRIBUTION PATTERNS OF TWO RARE SPECIES OF THE GENUS *HEDYSARUM*

Zhigunava S.N.*, Fedorov N.I.

Ufa Institute of Biology, UFRS RAS, Ufa, Russia

Keywords: *Hedysarum*; potential range; MaxEnt; range of climatic factors

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА МОРФОГЕНЕЗ *IN VITRO* ДРАЦЕНЫ ОКАЙМЛЁННОЙ 'BICOLOR'

Зарипова А.А.

Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

E-mail: zaripova@mail.ru

Разработан способ клонального микроразмножения декоративнолиственного растения драцены окаймлённой 'Bicolor'. Предложена схема получения стерильной культуры *in vitro* с 75% жизнеспособностью эксплантов. Изучено влияние состава питательной среды и регуляторов роста на морфогенетический потенциал и возможности получения растений-регенерантов в культуре *in vitro*. Подобрана оптимальная модифицированная нами по минеральной основе питательная среда MSN₆, дополненная 5,0 мг/л кинетином и 1,0 мг/л ИУК, позволяющая получить побегообразование с коэффициентом 5,7 и одновременным их укоренением. Выявлена высокая (94,8%) приживаемость растений-регенерантов в почвенном субстрате при адаптации *ex vitro*.

Ключевые слова: *Dracaena marginata* 'Bicolor'; культура *in vitro*; регенерация; размножение

THE EFFECT OF GROWTH REGULATORS ON THE MORPHOGENESIS *IN VITRO* OF *DRACAENA MARGINATA* 'BICOLOR'

Zaripova A.A.

South-Ural Botanical Garden-Institute Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: *Dracaena marginata* 'Bicolor'; *in vitro* culture; regeneration; propagation

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОИДНОСТИ РАСТЕНИЙ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В КУЛЬТУРЕ НЕОПЫЛЕННЫХ СЕМЯПОЧЕК *IN VITRO*

Заячковская Т.В.*, Домблидес Е.А., Фомичева М.Г., Ермолаев А.С.
ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», Одинцово, Россия
*E-mail: taivka34@mail.ru

Наиболее трудоемким и продолжительным этапом в процессе создания так необходимых в настоящее время гибридов F_1 свеклы столовой является получение гомозиготных линий, занимающим у двулетней культуры при использовании традиционных методов селекции – принудительного самоопыления и отбора – 8-12 лет. При этом полная гомозиготность полученных линий не гарантируется. Использование культуры неопыленных семязачатков *in vitro* позволяет получить удвоенные гаплоиды (DH-растения) и создать полностью гомозиготные линии в течение 1-2 лет. Одним из важных этапов технологии получения, удвоенных гаплоидов свеклы столовой является определение степени ploidy полученных методом гиногенеза растений и удвоение генома, в случае образования гаплоидных форм. У многих овощных культур может наблюдаться спонтанное удвоение гаплоидного генома на разных стадиях эмбриогенного развития семязачатков в условиях *in vitro*. Однако свекла столовая относится к культурам с редким спонтанным удвоением генома, требующим обязательного использования антимиотических агентов. Для определения ploidy всех полученных в культуре неопыленных семязачатков *in vitro* из эмбриоидов и эмбриогенного каллуса растений-регенерантов сортопопуляций Нежность, Маруся, Добрыня, селекционного образца b-128 использовали цитофотометрический метод, основанный на измерении количества ДНК в клетках с применением проточного цитометра Partec CyFlow PA (Partec, GmbH). Согласно этому методу, количество ядерной ДНК растений в фазе G_1 клеточного цикла составило $1C=1Cx=0.92$ pg, что соответствует гаплоидному уровню ploidy ($n=x=9$). У некоторых культивируемых растений свеклы Нежность зафиксировано спонтанное удвоение, приводящее к возникновению диплоидных и миксоплоидных форм. Гаплоидный статус большинства растений-регенерантов подтвердил необходимость использования антимиотических агентов для удвоения геномного набора хромосом. Обработку гаплоидных растений проводили путем погружения 24 листовых розеток и 8 каллусных структур разных генотипов в 0,05 % и 0,5 % растворы колхицина и 1 mM и 5 mM растворы трифлуралина со временем экспозиции 24 и 48 часов. В результате анализа ДНК гистограмм после обработки, выявлено, что у большинства растений-регенерантов гаплоидный уровень ploidy не изменился. Только у двух регенерантов сортопопуляции Добрыня, обработанных трифлуралином, отмечено варьирование набора хромосом в клетках, приводящее к возникновению полиплоидных и миксоплоидных форм, а у каллусных структур - переход на миксоплоидный уровень. Таким образом, использование наиболее надежного цитофотометрического метода анализа позволило провести ускоренное определение ploidy гиногенных растений свеклы столовой еще на стадии формирования листовых розеток в условиях *in vitro* и показало необходимость включения этапа диплоидизации. Выявленные у некоторых регенерантов свеклы столовой изменения геномного набора хромосом после проведения диплоидизации свидетельствовали о возможности перевода полученных методом гиногенеза гаплоидных форм на диплоидный уровень для получения удвоенных гаплоидов, необходимых в практической селекции.

Ключевые слова: свекла столовая; гиногенез; цитофотометрия; ploidy, гаплоид.

DETERMINATION OF PLOIDY OF PLANTS, OBTAINED IN THE CULTURE OF UNPOLLINATED OVULES IN VITRO

Zayachkovskaya T.V. *, Domblides E.A., Fomicheva M.G., Ermolaev A.S.
Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC)
Keywords: red beet; gynogenesis; cytophotometry; ploidy; haploid

БИОРЕМЕДИАЦИЯ И МОНИТОРИНГ ДЕТОКСИКАЦИИ СЕЛЕНОВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫМИ БАКТЕРИЯМИ

Зеньков А.В.^{1*}, Кудряшева Н.С.^{1,2}

¹ Институт фундаментальной биологии и биотехнологии, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

² Институт биофизики СО РАН, ФИЦ «Красноярский научный центр СО РАН», Красноярск, Россия

*E-mail: andrei.zenkow222@yandex.ru

Селен – это важный микроэлемент; вместе с тем, он токсичен в избыточных концентрациях, особенно в виде оксоанионов – селенатов и селенитов. Избыток селена провоцирует метаболические нарушения у многих видов организмов. В морских экосистемах селеновые загрязнения возникают в результате недостаточной очистки сточных вод, разливов нефтепродуктов. Поэтому важно контролировать содержание селена в море. Морские люминесцентные бактерии используются для биотестирования токсичности образцов окружающей среды и могут применяться для мониторинга детоксикации. Также обнаружена способность люминесцентных бактерий восстанавливать токсичные селенит-ионы до менее токсичного элементарного селена в виде наночастиц. Люминесцентные бактерии могут быть основой для создания полифункциональных препаратов: биоремедиации и мониторинга процессов детоксикации селеновых загрязнений.

Цель работы – определение эффективности детоксикации модельных растворов селенита натрия люминесцентными бактериями *Photobacterium phosphoreum*.

Объектом исследований стал штамм бактерий *P. phosphoreum* 1883 IBSO из Коллекции светящихся микроорганизмов ИБФ СО РАН. В течение 24 часов инкубировали люминесцентные бактерии с растворами Na_2SeO_3 . Изменение содержания Na_2SeO_3 оценивалось в суспензии спектрофотометрическим методом. Мониторинг токсичности образцов осуществляли с помощью биолюминесцентного бактериального теста с использованием *P. phosphoreum*.

Результаты спектрофотометрического анализа продемонстрировали уменьшение содержания Na_2SeO_3 на 56%, 34%, 64% при начальной концентрации 0.1, 0.5, 1 мМ, соответственно. Значения эффективности уменьшения содержания Na_2SeO_3 сравнимы с такими же значениями и для других бактерий-кандидатов для биоремедиации селеновых загрязнений. Интенсивность биолюминесценции образцов, полученных после инкубации бактерий в растворах Na_2SeO_3 , была больше контроля, что указывает на уменьшение концентрации селенит-ионов до стимулирующих концентраций.

Таким образом, люминесцентные бактерии могут быть достаточно эффективным средством как для мониторинга, так и детоксикации селеновых соединений.

Исследование было поддержано Российским научным фондом и Красноярским краевым Красноярским региональным фондом науки (грант № 24–24–20001).

Ключевые слова: селенит, детоксикация, биоремедиация, люминесцентные бактерии, биотестирование

BIOREMEDIATION AND DETOXIFICATION MONITORING OF SELENIUM POLLUTIONS BY LUMINOUS BACTERIA

Zenkov A.V.^{1*}, Kudryasheva N.S.^{1,2}

¹ School of Fundamental Biology and Biotechnology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

² Institute of Biophysics SB RAS, Federal Research Center 'Krasnoyarsk Science Center SB RAS', Krasnoyarsk, Russia

Keywords: selenite, detoxification, bioremediation, luminous bacteria, bioassay

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОГЕННЫХ И НЕМОРФОГЕННЫХ КАЛЛУСОВ ЛАВАНДЫ УЗКОЛИСТНОЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *IN VITRO*

Зинатуллина А.Е.^{1*}, Круглова Н.Н.¹, Егорова Н.А.²

¹ Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Россия

*E-mail: aneta@ufaras.ru

Лаванда узколистная – ценное эфиромасличное растение, которое широко используется в различных областях фармацевтики, пищевой промышленности, парфюмерии. Для лаванды в НИИ СХ Крыма (г. Симферополь) разработан ряд биотехнологий получения регенерантов через этап формирования *in vitro* каллусов из различных эксплантов. Однако остаются открытыми вопросы оптимизации этапов таких биотехнологий. Кроме того, важно понять, какие клеточные и тканевые механизмы лежат в основе индуцированного морфогенеза в каллусах, и особенно на самых начальных этапах культивирования. Цель данной работы состояла в сравнительном анализе гистологических особенностей морфогенных (МК) и неморфогенных (НМК) каллусов лаванды узколистной 1 пассажа, полученных на эмпирически подобранных питательных средах. Установлено, что НМК представлены разросшейся паренхимной тканью, в толще которой закладываются немногочисленные морфогенетические очаги (МО), которые или останавливаются в развитии, или дегенерируют. В МК выявлены многочисленные активно развивающиеся МО, которые преобразовываются в морфогенные структуры. Получены данные о формировании: (1) листовых почек из МО, образующихся как на поверхности, так и в толще каллусов, при этом выявлены почки на разных стадиях развития – от зачатка до полноценного листа (морфогенез по пути органогенеза *in vitro*, типу геммогенеза); (2) соматических зародышей из МО, образующихся только на поверхности каллусов, при этом зародыши выявлены только на ранних стадиях эмбриогенеза, от глобулярной до сердечковидной (морфогенез по пути соматического эмбриогенеза *in vitro*). Таким образом, получены гистологические данные о различиях статуса НМК и МК лаванды 1 пассажа, а также о двух путях морфогенеза в каллусах *in vitro*. Данные могут быть использованы при оптимизации этапов клеточных технологий гарантированного и массового получения регенерантов лаванды путем управляемого морфогенеза *in vitro*. Известно, что регенерация путем соматического эмбриогенеза с большей вероятностью обеспечивает генетическую стабильность получаемых растений, что позволяет использовать этот путь морфогенеза при массовом клональном микроразмножении растений. Для получения соматических вариантов предпочтительнее путь органогенеза (геммогенеза), чаще приводящего к генетическим изменениям регенерантов.

Работа поддержана грантом РФФ № 23-24-00023.

Ключевые слова: морфогенез; гистологический анализ; каллус *in vitro*, лаванда узколистная.

HISTOLOGICAL FEATURES OF MORPHOGENIC AND NON-MORPHOGENIC LAVANDER CALLUSES AT THE INITIAL STAGE OF *IN VITRO* CULTURE

Zinatullina A.E.^{1*}, Kruglova N.N.¹, Yegorova N.A.²

¹ Ufa Institute of Biology of UFRS RAS

² Research Institute of Agriculture of Crimea

The work was supported by the grant from the Russian Science Foundation № 23-24-00023.

Keywords: morphogenesis; histological analysis; callus *in vitro*, lavender

РОЛЬ ТРАНСПОРТА ЦИТОКИНИНОВ ИЗ КОРНЕЙ В ДЕЙСТВИИ ЛОКАЛЬНОГО МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ВОДНЫЙ ОБМЕН

Иванов И.И.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

E-mail: i_ivanov@anrb.ru

Гетерогенное распределение элементов минерального питания (ЭМП) в среде, в частности при очаговом внесении удобрений, стимулирует продуктивность растений. Наиболее ярко эта стимуляция проявляется при дефиците влаги, т.е. локальное минеральное питание оптимизирует водный обмен растений.

Когда с очагом повышенной концентрации ЭМП контактирует лишь часть корневой системы, происходит активация роста корневой системы в целом и увеличивается соотношение масс корень/побег, приводя к относительной функциональной специализации корневых прядей – корни в области повышенного содержания ЭМП рост замедляют, усиленно ветвясь, а находящиеся за пределами очага питания, напротив, ускоряют линейный рост. Поступление в растение минеральных элементов, абсцизовой кислоты (АБК) и цитокининов (ЦК) происходит главным образом из корневых прядей, разрастающихся в очаге питательных веществ, а корни вне очага вносят основной вклад в обеспечение побега водой.

Снижение концентрации ЦК в корнях вне очага питания совпадает с активацией их линейного роста, что способствует их проникновению в более глубокие слои почвы, где при поверхностной засухе влага ещё доступна.

Воздействие высокой концентрации ЭМП на всю корневую систему приводит к увеличению в ней уровня и АБК, и ЦК. При этом концентрация АБК в листьях увеличивается, а вот отток ЦК из корней в побег блокируется, что в целом приводит к подавлению транспирации растений.

Мы также регистрировали усиление притока АБК из корней под влиянием гетерогенного распределения элементов питания, но снижения эвапотранспирации за счет закрытия устьиц в этом случае не происходило. Наоборот, этот показатель был даже выше на фоне гетерогенного распределения элементов питания по сравнению с однородным.

Устьичная проводимость зависит не только от АБК, но и от ЦК, способных поддерживать устьица в открытом состоянии. Локальное повышение ЭМП по сравнению с равномерным приводит к увеличенному поступлению ЦК в побег – блокировка оттока ЦК из корней в этом случае не происходит. Это позволяет объяснить высокий уровень транспирации на фоне гетерогенной по минеральному питанию среды тем, что из корневых прядей контактирующих с высокой концентрацией ЭМП в побег поступало не только больше АБК, но и ее антагонистов – цитокининов.

При локальном воздействии высокой концентрации элементов питания не только увеличивается поступление воды в побег, но и ЦК не дают АБК вызывать закрытие устьиц, транспирация не снижается, и даже, по сравнению с равномерным питанием, увеличивается.

Ключевые слова: цитокинины; транспорт; корни; локальное минеральное питание; водный обмен

THE ROLE OF CYTOKININ TRANSPORT FROM THE ROOTS IN THE EFFECT OF LOCAL MINERAL NUTRITION ON WATER METABOLISM

Ivanov I.I.

Ufa Institute of Biology – a separate structural unit of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: cytokinins; transport; roots; local mineral nutrition; water metabolism

МЕХАНИЗМЫ ВЛИЯНИЯ ГУМАТОВ, РИЗОБАКТЕРИЙ И ИХ СОЧЕТАНИЯ НА ОБРАЗОВАНИЕ КОРНЕЙ У ЧЕРЕНКОВ ТОПОЛЯ ЧЕРНОГО (*PÓPULUS NÍGRA* L.)

Иванов Р.С.*, Тимергалин М.Д., Нужная Т.В., Уразгильдин Р.В.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: ivanovirs@mail.ru

Выращивание посадочного материала из черенков является одним из этапов лесовосстановления и озеленения городов. Для улучшения качества посадочного материала часто используют биостимуляторы, среди которых - препараты гуминовых веществ и бактерий. Немногочисленные исследования показали, что сочетание препаратов бактерий и гуматов позволяет получить более выраженный стимулирующий ростовой эффект, чем обработка каждым из препаратов по-отдельности. Целью нашей работы было изучение влияния гуматов, штаммов рост-стимулирующих бактерий *Pseudomonas chlororaphis* (4CH) *Enterobacter ludvigii* (BLK), и *Pseudomonas protegens* (DA1.2) и их сочетания на рост корней на черенках тополя черного (*Pópuslus nígra* L.), а так же на экспрессию, связанных с укоренением генов и содержание гормона индолил-уксусной кислоты (ИУК) в образующихся корнях и листьях. Праймеры для ПЦР анализа генов подбирали, используя сведения о соответствующих генах тополя черного (Yu et al., 2020). Наибольший эффект на рост корней наблюдался при использовании гуматов в концентрации 0,05 мл/л, что наиболее ярко проявлялось при сочетании гуматов с бактериями штаммов BLK и DA1.2. При обработке этими комбинациями наблюдалось увеличение активности гена root meristem growth factor (RGF9), который, как известно, поддерживает активность пролиферации клеток в апикальной меристеме корня. Экспрессия же гена small auxin up RNA (SAUR52), (ген быстрого ответа на ауксины, который связан с корнеобразованием) была высокой при обработке штаммами 4CH и DA1.2 и их сочетанием с гуматами разных концентраций, и наибольшей при обработке DA1.2 с гуматами при разведении 0,05 мл/л. Последний вариант обработки, как было сказано выше, как раз стимулировал рост корня сильнее всего. При увеличении концентрации вносимого штамма DA1.2 и особенно с применением гуматов повышалась концентрация ИУК в корнях и наоборот – концентрация ИУК в листьях снижалась с ростом концентрации бактерий и, в наибольшей степени - в сочетании с гуматами. Таким образом, подбор под конкретный вид растения оптимального для него штамма, его концентрации и концентрации используемых в комбинации с ним гуматов являются крайне важными для достижения их максимальной эффективности.

Исследования поддержаны Российским Научным Фондом (грант № 25-26-00171).

Ключевые слова: тополь черный, черенки, гуматы, рост-стимулирующие бактерии, ИУК.

MECHANISMS OF INFLUENCE OF HUMATES, RHIZOBACTERIA AND THEIR COMBINATION ON ROOT FORMATION IN BLACK POPLAR CUTTINGS (*PÓPULUS NÍGRA* L.)

Ivanov R.S.*, Timergalin M.D., Nuzhnaya T.V., Urazgildin R.V.

Ufa Institute of Biology, UFRС RAS, Ufa, Russia

Keywords: *Populus nigra*, cuttings, humates, growth-promoting bacteria, IAA

АНАЛИЗ ФЛОРЫ ЧЕРНООЛЬХОВЫХ ЛЕСОВ БОЛОТА СЕРИККУЛЬ (БАШКИРСКОЕ ЗАУРАЛЬЕ)

Ишбулатов М.К.*, Мулдашев А.А., Баишева Э.З.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: murat.ishbulatov.98@bk.ru

Болото Сериккуль находится в Абзелиловском районе Республики Башкортостан (РБ), в 6,2 км на ЮЗ от д. Халилово, в межгорной котловине, которая ограничена с запада горой Элькейтау, а на востоке – хребтом Улугуртау. Болото образовалось в результате зарастания озера Сериккуль. Питание болота осуществляется за счет поверхностного стока со склонов гор, грунтовых вод. По болоту протекает ручей, который берет начало из родника в 150 м от северо-западного края. Торфяная залежь постепенно увеличивается от 90 см в 50 м от юго-западного края болота до 180 см в центральной части.

Растительный покров представлен заболоченными черноольховыми лесами (*Alnus glutinosa*) с примесью березы пушистой (*Betula pubescens*). Среднее проективное покрытие древесного яруса 70%, кустарникового яруса – 20%, травяного яруса – 55%. Кустарниковый ярус сформирован *Frangula alnus*, *Rubus idaeus*, *Salix cinerea*, *S. myrsinifolia*. В травяном ярусе высокое обилие имеют *Carex juncella*, *Naumburgia thyrsoflora*, *Phragmites australis*. Моховой покров разреженный (1–5%), сформирован *Aulacomnium palustre*, *Brachythecium mildeanum*, *Calliergon cordifolium*, *Calliergonella cuspidata*, *Pseudobryum cinclidioides*.

На территории болота выявлено 54 вида сосудистых растений и 26 видов мохообразных. Ведущие семейства во флоре сосудистых растений: Cyperaceae (5), Poaceae (4), Rosaceae (4), Salicaceae (4); во флоре мохообразных: Amblystegiaceae (4), Lophocoleaceae (4), Mniaceae (4). На болоте встречается редкий вид, включенный в Красную книгу РБ (2021) – *Gentianopsis barbata*, а также виды из Приложения II Красной книги РБ (2021): *Beckmannia syzigachne*, *Ranunculus rionii*, *Salix pyrolifolia* (в РБ этот вид является плейстоценовыми реликтом южно-сибирского происхождения и нуждается в особом внимании к его состоянию в природной среде и мониторинге). Выявлены изолированные популяции видов, характерных для лесов бореальной и неморальной зон (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *D. cristata*, *Thelypteris palustris* и *Trientalis europaea*). По всей видимости, местонахождения данных видов в лесостепной зоне являются реликтовыми.

Болото Сериккуль имеет важное природоохранное значение, а также представляет значительный интерес для мониторинга болотных комплексов лесостепной зоны в условиях изменения климата.

Исследование выполнено в рамках государственного задания УИБ УФИЦ РАН № 123020800001-5.

Ключевые слова: флора болот; растительные сообщества; черноольховые леса; редкие виды; Башкирское Зауралье.

ANALYSIS OF THE FLORA OF BLACK ALDER FORESTS OF THE SERIKKUL MIRE (THE BASHKIR TRANS-URALS)

Ishbulatov M.K.*, Muldashev A.A., Baisheva E.Z.

Ufa Institute of Biology, UFRS RAS, Ufa, Russia

Keywords: flora of mires; plant communities; black alder forests; rare species; the Bashkir Trans-Urals

АНАТОМИЧЕСКАЯ И БИОХИМИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ХВОЙНЫХ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ХРОНИЧЕСКОГО ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Калугина О.В.^{1*}, Афанасьева Л.В.²

¹ Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской Академии наук, Иркутск, Россия

² Институт общей и экспериментальной биологии Сибирского отделения Российской Академии наук, Улан-Удэ, Россия

*E-mail: phytotox@sifibr.irk.ru

На примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), видов-доминантов и биоиндикаторов, показана большая значимость анатомических изменений и компонентов антиоксидантной системы в предотвращении окислительного повреждения хвои, вызываемого техногенными выбросами алюминиевого производства. При этом степень проявления защитных функций во многом зависит от уровня загрязнения хвои, который количественно оценивается через интегральный показатель накопления токсикантов (индекс биогеохимической трансформации). Установлено, что при техногенном загрязнении изменения анатомических параметров хвои носят нелинейный характер, отражая как патологическое воздействие поллютантов, так и формирование адаптивных реакций. У сосны регистрируется наибольшее количество изменений негативного характера, в частности сокращение площади центрального цилиндра и проводящих пучков, уменьшение толщины покровных тканей и мезофилла, редукция смоляных каналов; у лиственницы даже при критическом уровне загрязнения не выявляется резких анатомических нарушений, происходящие изменения можно отнести к адаптивным. Результаты исследования динамики содержания низкомолекулярных соединений и активности основных антиоксидантных ферментов в загрязненной хвое, свидетельствуют о сохранении адаптационных процессов даже в условиях сильного хронического загрязнения деревьев, выраженное подавление защитных систем обнаруживается только при критическом уровне загрязнения. Большинство параметров антиоксидантной системы в хвое сосны и лиственницы изменяется однонаправленно, что свидетельствует о значительной общности адаптивных реакций в ответ на техногенный стресс. К видоспецифичным реакциям можно отнести изменение фракционного состава аскорбиновой кислоты и разных форм глутатиона. При этом, в защитной системе лиственницы большую роль играют низкомолекулярные метаболиты, а у сосны – энзиматический компонент.

Работа выполнена в рамках государственных заданий Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ проекта – 0277-2025-0003, Рег. № НИОКТР – 1250201702332-4, № проекта – 121030900138-8).

Ключевые слова: низкомолекулярные метаболиты; антиоксидантные ферменты; *Pinus sylvestris*; *Larix sibirica*; техногенные эмиссии.

ANATOMICAL AND BIOCHEMICAL ADAPTATION OF CONIFEROUS TREES TO THE IMPACT OF CRONIC TECHNOGENIC POLLUTION

Kalugina O.V.^{1*}, Afanaseva L.V.²

¹ Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

² Institute of General and Experimental Biology Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

Keywords: low-molecular weight compounds; antioxidant enzymes; *Pinus sylvestris*; *Larix sibirica*; technogenic emissions

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ И ГИБРИДОВ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

Камова А.И.

ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук» КарНЦ РАН, Петрозаводск, Россия

E-mail: avelesikkamova@yandex.ru

На сегодняшний день удовлетворить потребности животноводства в кормах можно за счёт внедрения ресурсосберегающих технологий и подбора регионально адаптированных видов и сортов. В кормопроизводстве Карелии основной бобовой культурой является клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), который характеризуется как малолетний вид. Достойным компаньоном ему может стать люцерна изменчивая (*Medicago varia* L.), являясь перспективной культурой во многих отношениях (продуктивное долголетие, засухо- и морозоустойчивость, высокая урожайность). Однако существует ряд факторов, ограничивающих её распространение в условиях Северо-Западного региона: повышенная почвенная кислотность, переувлажнённость почв, их низкое плодородие (дерново-подзолистые), а также короткий вегетационный период и возможность наступления ранних осенних и поздних весенних заморозков. В последние годы ученые отмечают тенденцию к потеплению климата, в связи с чем интродукция люцерны в северные регионы страны является актуальной задачей, особенно в совокупности с работой ВНИИ кормов имени В.Р.Вильямса, где были выведены сорта люцерны изменчивой сенокосно-пастбищного типа, специально для условий Нечерноземной зоны, способные давать высокие урожаи на низко плодородных дерново-подзолистых почвах.

Учитывая, что ранее люцерна не выращивалась в Карелии, и в почве нет местных штаммов клубеньковых бактерий, которые могли бы вступать в продуктивные отношения с этой бобовой культурой, необходимо инокулировать семена штаммами *Sinorhizobium meliloti* и одновременно подбирать наиболее адаптивные к условиям региона системы «сорт — микроб». В связи с этим были проведены трехлетние исследования по экологическому сортоиспытанию сортов люцерны Таисия, Агния ВИК, Пастбищная 88 и сортообразцов СГП-387 и 506 (Люся), а также при инокуляции штаммами клубеньковых бактерий *Sinorhizobium meliloti* (СХМ-1-105, 415, А-1, А-5 и вариант без применения штамма) в Республике Карелия с целью выявления наиболее пластичных и адаптивных к условиям региона. Выяснилось, что наиболее адаптивным сортом среди изученных образцов в условиях Северо-Западного региона является сорт 506 (Люся), инокулированный штаммом СХМ-1-105, способный обеспечить урожайность до 7,54 т/га сухого вещества в среднем за два года использования, а также сорт Агния ВИК в сочетании с тем же штаммом (7,25 т/га). Инокуляция семян штаммами А-1 и А-5 обеспечила повышение урожайности по сравнению с контролем в 1,8-2,2 раза. По отношению к сортам эти штаммы можно охарактеризовать как универсальные.

Ключевые слова: люцерна изменчивая; многолетние травы; продуктивность; потепление климата; Республика Карелия.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF VARIETIES AND VARIETIES OF ALFALFA IN THE CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF KARELIA

Kamova A.I.

FGBNU Karelian Research Center Laboratory of Agricultural Technologies "Vilga" Petrozavodsk, Russia

Keywords: variable alfalfa; perennial grasses; productivity; climate warming; Republic of Karelia

ФОРМИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ БОЛОТАХ

Капелькина Л.П.

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

E-mail: kapelkina@mail.ru

Объектом исследований явились нарушенные участки болот, образующиеся при освоении месторождений нефти на территории Западно-Сибирской низменности.

Началу освоения месторождений на сильно обводненных территориях предшествует намыв больших количеств песков из мочажин и мелких озер в штабели, по форме напоминающие усеченный конус. После стекания и отдачи воды осуществляется развоз песка под буровые площадки, промысловые дороги и промышленные объекты. Освоение месторождений нефти на болотах без осуществления таких подготовительных работ практически невозможно. Все работы по бурению скважин и добыче нефти осуществляются на искусственно сформированных насыпях, возвышаются над болотом на 1,5-3 метра. Отсыпанные под буровые площадки насыпи по периметру покрываются небольшим слоем торфа. Нарушаемые в регионе болота относятся к землям лесного фонда.

Рекультивация буровых площадок осуществляется после окончания бурения скважин, вывоза бурового оборудования и установки насосов. Рекультивационные работы включают в себя посадку черенков ив на откосах обваловок буровых площадок и межабгарных перемычках. Рекультивация амбаров, заполненных выбуренной породой, содержащей различные реагенты, осуществляется спустя 2-3 года путем посадки рогоза трехгранного, заготовленного поблизости, непосредственно в буровой шлам.

Исследования по рекультивации и самозарастанию нарушенных болотных участков на территории Западно-Сибирской низменности осуществляются нами с 1998 года. К настоящему времени на отсыпанных буровых площадках сформировались растительные сообщества с большим количеством заносных видов растений. Наряду с высаженными когда-то ивами поселились сосны, березы, осины, кедры. Высота берез на отдельных площадках достигает 8-9 метров, сосен и кедров 4-5 метров. Вследствие увеличения толщины насыпного корнеобитаемого слоя и формирования различных по гидротермическому режиму участков создаются более благоприятные условия для роста растений, что обуславливает появление и развитие более разнообразной растительности. На повышенных элементах рельефа формируются лесные насаждения с различными видами древесных, кустарниковых, травянистых растений, мхов и лишайников. Процесс формирования растительных сообществ идет в направлении развития лесных экосистем, увеличивается общая биомасса и продуктивность растительных сообществ.

На исследованных буровых площадках мы имеем не обычный вариант восстановления растительного покрова. В результате отсыпки буровых площадок, проведения простейших рекультивационных мероприятий и природных процессов восстановления растительности на нарушенных землях (болотах) спустя два с половиной десятилетия формируются новые ландшафты, которые по биоразнообразию и продуктивности растений превосходят ранее существовавшие на болотах сообщества. Это один из немногих случаев восстановления нарушенных земель, когда мы имеем положительное влияние техногенеза на экосистемы, которое заключается в формировании в этом регионе на локальных, ограниченных по площади насыпных участках, более продуктивных и ценных сообществ.

Ключевые слова: нарушенные земли; рекультивация; буровые площадки; лесные экосистемы.

FORMATION OF FOREST ECOSYSTEMS ON RECLAIMED SWAMPS

Kapelkina L.P.

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Keywords: disturbed lands; reclamation; drilling sites; forest ecosystems

СОВМЕСТНОЕ ДЕЙСТВИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА МЕЛАФЕНА И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ (МЕДИ И МАРГАНЦА) НА ФИЗИОЛОГО- БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЯ КАРТОФЕЛЯ

Кириллова И.Г.

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», Орел, Россия

E-mail: kirillovairinai@gmail.com

Как известно, в регуляции продукционного процесса растений кроме гормональной системы, не последнюю роль играет и трофическая система регуляции. В данной работе исследовано действие фосфорорганического соединения мелафена (меламинавая соль бис(оксиметил) фосфиновой кислоты) совместно с микроэлементами (медью и марганцем) на некоторые физиолого-биохимические показатели растения картофеля (интенсивность транспирации, содержание хлорофилла, активность каталазы, активность пероксидазы, содержание малонового диальдегида). Для исследований использовали растения картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Ривьера (Германия). Растения выращивали в условиях вегетационного домика в почвенной культуре на серой лесной почве N₉₀P₆₀K₁₅₀. Обработку регулятором роста мелафеном и микроэлементами проводили путем замачивания посадочных клубней в водных растворах: мелафена – 10 мкМ, а также смеси мелафена в указанной концентрации с медным купоросом (CuSO₄×5H₂O) – 0,05 % и в смеси с KMnO₄ – 0,003 % в течение 4 часов. Как показали исследования, интенсивность транспирации листьев существенно повысилась при обработке растений картофеля мелафеном и мелафеном совместно с микроэлементом медью. Что касается содержания хлорофилла в листьях, то отмечено увеличение его концентрации в 1.3 раза в варианте «мелафен + марганец» и в 1.9 раза в варианте «мелафен + медь» по сравнению с контролем. Большой эффект оказало совместное применение мелафена и микроэлемента меди. Возросло содержание как хлорофилла «а», так и хлорофилла «b». Растения картофеля в варианте с обработкой мелафеном совместно с медью обладали наибольшей ростовой активностью (в фазе бутонизации). Определение активности ферментов-антиоксидантов показало следующее: возрастание активности каталазы в листьях при обработке мелафеном и медью и снижение – при действии мелафена и мелафена совместно с марганцем. Исследование активности пероксидазы в клубнях нового урожая показало обратную картину. Отмечено увеличение активности данного фермента при действии мелафена и мелафена совместно с марганцем. Содержание малонового диальдегида (МДА) в клубнях снизилось во всех вариантах опыта по сравнению с контролем, в большей степени, при совместном применении мелафена и микроэлементов (меди и марганца). Последнее имеет значение в повышении устойчивости растений к действию фитопатогенов.

Ключевые слова: мелафен; медь; марганец; картофель

JOINT ACTION OF THE GROWTH REGULATOR MELAFEN AND MICROELEMENTS (COPPER AND MANGANESE) ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF POTATO PLANT

Kirillova I.G.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Oryol State University named after I.S. Turgenev"

Key words: melaphene; copper; manganese; potato

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ШТАММОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ПХБ, ИЗОЛИРОВАННЫХ ИЗ ЭКОНИШ С ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Кириянова Т.Д.*, Королев Н.А., Егорова Д.О.

«Институт экологии и генетики микроорганизмов Уральского отделения Российской академии наук» - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия

*E-mail: kitadi2101@gmail.com

Одним из серьезных загрязнителей окружающей среды, выпускавшимся в промышленных масштабах, является группа полихлорированных бифенилов (ПХБ). Присутствие ПХБ в природных объектах является причиной многочисленных негативных проявлений и нарушений в организмах всех уровней. В естественных условиях возможно разложение ПХБ под действием аэробных бактерий. Активные деструкторы ПХБ описаны среды широкого спектра родов как грамотрицательных, так и грамположительных бактерий.

Цель исследования – установить филогенетическое разнообразие штаммов-деструкторов ПХБ, выделенных экониш с различной техногенной нагрузкой.

В работе исследованы штаммы аэробных бактерий, проявляющих деградативную активность в отношении низкохлорированных бифенилов, выделенные из образцов почв, отобранных в районах с различной техногенной нагрузкой: (1) территория ОАО «Завод смазок и СОЖ», г. Пермь (загрязнение сложными органическими соединениями); (2) ОАО «СВЗХ», г. Чапаевск (загрязнение ПХБ, ГХЦГ, ДДТ), (3) нефтезагрязненные почвы Кокуйского месторождения, Пермский край (нефтяные углеводороды), (4) почвы ООПТ «Осинская лесная дача», Пермский край (загрязнение ГХЦГ).

Установлено, что во всех исследованных образцах присутствуют штаммы-деструкторы бифенила рода *Rhodococcus*. В образцах (1) выявлены представители рода *Acinetobacter*, проявляющие деструктивную активность к низкозамещенным хлорбифенилам. Из образцов (2) выделены представители родов *Achromobacter*, *Brevibacterium*, *Ochrobactrum* и *Bacillus*. В нефтезагрязненных образцах (3), помимо представителей рода *Rhodococcus*, выделены штаммы-деструкторы ПХБ рода *Brevundimonas*. Из почв, длительно загрязненных хлорорганическими пестицидами (4), выделены представители родов *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Delftia* и *Stenotrophomonas*, осуществляющие трансформацию ПХБ.

Таким образом, в эконишах с техногенной нагрузкой (химическое загрязнение) присутствуют штаммы-деструкторы ПХБ принадлежащие классам *Alphaproteobacteria*, *Betaproteobacteria*, *Gammaproteobacteria*, *Actinomycetia* и *Bacilli*.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 24-24-00498.

Ключевые слова: хлорированные бифенилы, деструкция, штаммы, техногенное воздействие.

PHYLOGENETIC DIVERSITY OF PCB-DESTRUCTOR STRAINS ISOLATED FROM ECONISH WITH TECHNOGENIC LOAD

Kir'yanova T.D.*, Korolev N.A., Egorova D.O.

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

Keywords: chlorinated biphenyls, destruction, strains, technogenic impact

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭТИЛЕНА И АУКСИНА В РЕГУЛЯЦИИ РОСТА КОРНЕЙ АРАБИДОПСИСА В ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ И ПОД ВЛИЯНИЕМ НАТРИЙ-ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ

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

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: muksin@mail.ru

Известно, что влияние этилена на адаптацию роста и развития растений к условиям обитания обусловлено его влиянием на содержание других гормонов (например, ауксинов и АБК). Однако не до конца понятно, как реализуется этот механизм. Обработка растений арабидопсиса исходной линии Columbia предшественником этилена 1-аминоциклопропановой кислотой (АЦК) приводила к снижению содержания ИУК в корнях. При этом в корнях было зарегистрировано двукратное увеличение экспрессии WES1 гена, контролирующего связывание ИУК с аминокислотами. Усиленная конъюгация гормона в корнях могла быть одной из причин снижения уровня ИУК в корнях под влиянием АЦК.

Обработка растений АЦК, по данным литературы, приводит к повышению продукции этилена растениями. Синтез этилена также может усиливаться под влиянием засоления. Экспозиция растений Columbia на растворе Хогланда-Арнона с добавлением NaCl (до 150мМ) вызывала увеличение уровня ИУК и АБК в побегах и снижение – в корнях. Это было зарегистрировано в целых побегах (с помощью ИФА), в области сосудистых пучков и в кончиках корней (с использованием иммунолокализации). При этом происходило снижение соотношения сырой массы корень/побег за счет торможения накопления массы корней. Удлинение корней под влиянием NaCl также снижалось. Накопление АБК в побегах не сопровождалось торможением накопления их массы. Поддержанию роста побега мог способствовать высокий уровень ИУК в их тканях. Накопление АБК и ИУК в побеге могло иметь значение для поддержания работоспособности фотосинтетического аппарата. АБК может выступать антагонистом этилену, и снижение ее содержания в корнях могло способствовать ингибирующему влиянию этилена на рост корней.

Снижение содержания ИУК в кончиках корней могло быть следствием распада или конъюгации с аминокислотами пришедших из побегов гормонов. О последнем косвенно свидетельствует более высокий уровень экспрессии WES1 гена после обработки растений Columbia предшественником этилена АЦК в отсутствии засоления.

Таким образом, растения исходной линии Columbia проявили адаптивную реакцию на введение в питательный раствор NaCl – абсолютное и относительное снижение накопления массы корней, что уменьшает площадь для проникновения в корни токсичных ионов.

Для выявления роли этилена в регуляции роста корней в условиях засоления мы использовали нечувствительные к этилену мутанты *etr1-1* (родительский экотип – Columbia). У этих растений NaCl не вызывал ни накопления ИУК и АБК в побегах, ни снижения уровня этих гормонов в кончиках корней. Ингибирования соотношения массы корень/побег также не наблюдалось. Можно предполагать, что в приспособлении ростовых процессов растений к условиям натрий-хлоридного засоления важную роль играет чувствительность к этилену.

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 25-24-00499 «Влияние засоления и АБК на содержание, распределение и транспорт ауксинов в зависимости от чувствительности растений арабидопсиса к этилену».

Ключевые слова: *Arabidopsis thaliana*; *etr1-1*; абсцизовая кислота; ауксин; рост.

INTERACTION OF ETHYLENE AND AUXIN IN REGULATION OF ARABIDOPSIS ROOT GROWTH IN OPTIMAL CONDITIONS AND UNDER THE INFLUENCE OF SODIUM-CHLORIDE SALINITY

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

Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: *Arabidopsis thaliana*; *etr1-1*; abscisic acid; auxin; growth

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРИРОСТА ФИТОМАССЫ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ В ЭКОТОНЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ ЗА ПЕРИОД 2018–2023 ГОДЫ

Костюсова Е.А.^{1*}, Михайлович А.П.¹, Фомин В.В.¹, Агапитов Е.М.¹, Рогачёв В.Е.¹,
Переходова Е.С.¹, Коритняк Е.Б.¹, Голиков Д.Ю.²

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

² Институт Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*E-mail: koustousova-katya@mail.ru

На протяжении последних семи веков на Полярном Урале вблизи верхней границы древесной растительности происходили существенные изменения площади и границ лиственничных рединов, редколесий и сомкнутых лесов в связи с похолоданием с конца XIII до конца XIX веков и современным потеплением климата.

На основе данных полевых исследований на 9 круговых пробных площадях (ПП) радиусом 11 м, расположенных на трех трансектах по три ПП в каждой в градиенте высоты местности в пределах экотона верхней границы древесной растительности на юго-восточном макросклоне горного массива Рай-Из (Полярный Урал), были измерены биометрические показатели лиственницы сибирской (от всходов до взрослых деревьев).

К лесотундровым сообществам по горизонтальной сомкнутости крон применима следующая классификация. К ST – «тундра с отдельно стоящими деревьями» (сомкнутостью крон 0 – 9%), LF – «редины» (10 – 25%), OF – «редколесье» (26 – 60%), CF – «лес» (61 – 100%). В 2018 году распределение по количеству пробных площадей по перечисленным выше типам было следующее: ST – 5; LF – 2; OF – 2, а в 2023 году ST – 3; LF – 4; OF – 2. Данный факт свидетельствует об экспансии древесной растительности.

Входным параметром для определения запаса надземной фитомассы дерева является диаметр ствола у шейки корня. Прирост фитомассы лиственницы на пробных площадях за 5 лет по отношению к фитомассе лиственницы в 2018 году лежит в интервале от 2 до 76%. Также установлено сокращение вклада многоствольных форм лиственницы сибирской в общую фитомассу с 49 до 42.8%. Формирование стланниковых и многоствольных форм лиственницы обусловлено необходимостью выживания лиственницы в неблагоприятных климатических условиях. Поэтому увеличение вклада одноствольных форм лиственницы в общую фитомассу свидетельствует об улучшении таких условий.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-24-00235).

Ключевые слова: верхняя граница леса, потепление климата, изменение фитомассы, *Larix sibirica* Ledeb., Полярный Урал

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF SIBERIAN LARCH BIOMASS INCREMENT IN THE UPPER TREE LINE ECOTONE IN THE POLAR URALS: A 5-YEAR STUDY (2018-2023)

Koustousova E.A.¹, Mikhailovoch A.P.¹, Fomin V.V.¹, Agapitov E.M.¹, Rogachev V.E.¹,
Perekhodova E.S.¹, Koritnyak E.B.¹, Golikov D.Yu.²

¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

² The Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Keywords: Polar upper treeline ecotone, climate warming, biomass increment, *Larix sibirica* Ledeb., Polar Urals

ВЛИЯНИЕ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО СВЕТА НА РОСТ И СОДЕРЖАНИЕ ЦЕННЫХ МЕТАБОЛИТОВ В БИОМАССЕ ПОЧВЕННОГО ШТАММА *CHLOROCOCCUM OLEOFACIENS*

Кочубей А.В.^{1*}, Яковийчук А.В.^{1,2}, Шелудько Э.Р.¹, Черкашина С.В.¹

¹ Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия

² Институт физиологии растений имени К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

*E-mail: KochubeyA92@yandex.ru

Микроводоросли представляют собой исключительно ценный природный ресурс, характеризующийся значительным биотехнологическим потенциалом. В процессе автотрофного роста свет играет ключевую роль в синтезе метаболитов микроводорослей. Свет определённого спектра способен влиять на обмен веществ в клетках микроводорослей, и состав метаболитов, которые они накапливают. Соответственно подбор схемы и типа освещения может обеспечить реализацию биотехнологического потенциала штамма, что делает данные исследования актуальными.

В работе исследовали почвенный штамм *Chlorococcum oleofaciens* CAMU MZ–Ch4. Для постановки эксперимента были сформированы 9 групп которые культивировались при воздействии красного (631.9 нм), синего (455.5 нм) и зелёного (521.4 нм) монохроматического света интенсивностью 26, 90 и 150 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$ для каждого. Группы микроводорослей культивируемые при PPFD 26 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$ считались контрольными.

Для штамма CAMU MZ–Ch4 установлено наиболее интенсивное деление клеток при культивировании в условиях освещения красным светом при PPFD – 150 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$. Интенсивность стимулирующего действия света на скорость роста *Chlorococcum oleofaciens* CAMU MZ–Ch4 снижается в ряду красный>синий>зеленый.

Повышение интенсивности красного, синего и зеленого света до 150 $\mu\text{моль/м}^2/\text{с}$ инициирует накопление ретинола в биомассе штамма CAMU MZ–Ch4 относительно контроля. Максимальная концентрация ретинола установлена при освещении зеленым светом. Красный свет интенсивностью 150 $\mu\text{моль/м}^2/\text{с}$ вызывает понижение содержания α -токоферола, а зелёный и синий интенсифицирует его накопление относительно контрольных групп. Для синего инициирующее действие на накопление α -токоферола более выражено. При этом содержание аскорбиновой кислоты и полифенольных соединений повышалось только в условиях воздействия зеленого света с PPFD 90 и 150 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$.

В целом штамм MZ–Ch4 может быть ценным биотехнологическим объектом для получения жирно- и водорастворимых витаминов при воздействии монохроматического света высокой интенсивности. Однако необходимы дальнейшие исследования, направленные на установление особенной роста и течения метаболических процессов штамма в более широком интервале PPFD, и при более пролонгированном культивировании.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 24-74-00132).

Ключевые слова: микроводоросли; монохроматический свет; витамины; рост.

THE EFFECT OF MONOCHROMATIC LIGHT ON THE GROWTH AND CONTENT OF VALUABLE METABOLITES IN THE BIOMASS OF A SOIL STRAIN *CHLOROCOCCUM OLEOFACIENS*

Kochubey A.V.^{1*}, Sheludko E.R.¹, Yakoviichuk A.V.^{1,2}, Maltseva I.A.¹

¹ Melitopol State University, Melitopol, Russia

² K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia

Keywords: microalgae; monochromatic light; vitamins; growth

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ТЕРЕФТАЛАТОВ

Кочукова Е.А.*, Кузьмицкая А.А., Калёнов С.В.

ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

*E-mail: 03122003katy@gmail.com

В связи с растущими потребностями населения в многофункциональных, удобных и долговечных материалах, объёмы производимого во всём мире пластика постоянно увеличиваются. При этом большая часть всех образующихся пластиковых отходов в дальнейшем не перерабатывается, а попадает в окружающую среду, оказывая негативное влияние на различные экосистемы.

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ), состоящий из мономеров терефталевой кислоты и этиленгликоля, является одним из самых распространённых среди синтетических полимеров, благодаря своим превосходным физическим и химическим характеристикам. Однако он крайне медленно разлагается в природных условиях, а его разложение в лабораторных или в промышленных условиях требует значительных ресурсозатрат. Сочетание стадии химической деполимеризации и микробиологической деградации может быть возможным способом переработки пластиковых отходов.

С помощью метода щелочного гидролиза в лабораторных условиях из одноразовых крышек для пищевых контейнеров, изготовленных из ПЭТФ, был получен терефталат калия ($K_2TФ$; бензолдикарбоксилат-1,4 калия), который может использоваться в качестве источника углерода в составе различных питательных сред для культивирования микроорганизмов.

В процессе скрининга сообществ микроорганизмов пойменных биотопов, загрязнённых синтетическими полимерными отходами различного происхождения, был выделен консорциум, включающий в себя клетки бактерий *Microbacterium aurum* и *Brevundimonas bullata*. Данное сообщество является трудноразделимым и стабильно культивируется в жидкой питательной среде, содержащей крахмал и дрожжевой экстракт, в качестве источников углерода (рН ~ 7,0; +28°C), так как *M. aurum* обладают необходимым набором ферментов для гидролиза крахмала. В ходе экспериментов было установлено, что консорциум *M. aurum* и *B. bullata* способен к росту на питательной среде, содержащей $K_2TФ$ в качестве источника углерода вместо крахмала. Видимый рост в процессе культивирования можно наблюдать уже через 5-7 суток в зависимости от условий инкубации. Данное сообщество также интересно тем, что способно к адсорбции на поверхности гидролизующихся им субстратов.

Дальнейшие исследования будут направлены на более детальное изучение ростовых характеристик сообщества, а также на выявление корреляции между ростовыми показателями и снижением количества терефталата в питательной среде в процессе культивирования.

Ключевые слова: терефталат, биodeградация, микробные сообщества.

RESEARCH OF MICROORGANISMS-DESTRUCTORS OF TEREPHTHALATES

Kochukova E.A.*, Kuzmitskaya A.A., Kalenov S.V.

Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Keywords: terephthalate, biodegradation, microbial consortia

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ГИБРИДНЫХ КОМБИНАЦИЙ ПШЕНИЦЫ НА РАННЕМ ЭТАПЕ ОНТОГЕНЕЗА

Круглова Н.Н.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

E-mail: kruglova@anrb.ru

Ускорение создания засухоустойчивых гибридов яровой мягкой пшеницы, основного хлебного злака, – важное направление селекционных работ в климатических условиях Южного Урала. Перспективное направление в этой области – использование биотехнологического метода эмбриокультуры *in vitro*, позволяющего выявить засухоустойчивые гибриды уже на самом раннем этапе их онтогенеза (эмбриогенезе) в модельных условиях имитации действия стрессового фактора. В докладе приводятся результаты многолетних исследований, посвященных разработке ускоренной оценки засухоустойчивости гибридов яровой мягкой пшеницы. Материалом послужили 10 гибридов, полученных в лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы Башкирского НИИ СХ УФИЦ РАН, в полевых условиях по структуре урожая в сравнении со стандартным сортом Омская 35 оцененных как засухоустойчивые и переданных в УИБ УФИЦ РАН согласно договору о сотрудничестве. Разработанная ускоренная оценка засухоустойчивости включает несколько этапов. (1) Выявление оптимальной стадии развития инокулируемых зародышей (с применением авторской периодизации эмбриогенеза злаков), способных к самостоятельному развитию независимо от влияния гормонов материнского организма. Установлено, что этому условию удовлетворяют незрелые зародыши в стадии автономности, формирующие *in vitro* нормальные проростки на безгормональной среде. Такие зародыши образуются к 15 сут после опыления и характеризуются нормальной для злаков морфологией. Данные сканирующей и световой микроскопии показали наличие в зародышах сформированных органов. Ультраструктурными исследованиями по наличию развитых амилопластов и митохондрий продемонстрирована высокая метаболическая активность клеток всех органов, а иммуногистохимическим методом показана локализация в них ряда эндогенных гормонов (ИУК, АБК). (2) Культивирование автономных зародышей *in vitro* на селективной среде, имитирующей засуху введением маннита 8%. Выявлено, что гибриды в таких условиях формируют нормальные проростки, а их количество зависит от генотипа. (3) Проращивание проростков в почвенных условиях *ex vitro*. Показано, что гибриды дают начало фертильным регенерантам, формирующим зерновки. (4) Лабораторная оценка показателей всхожести зерновок в условиях использования маннита 8%. Установлено, что показатели лабораторной всхожести зерновок регенерантов зависят от генотипа гибридов. (5) Получение 3-суточных проростков и оценка их качества. Гистологическим и кариологическим методами выявлен нормальный статус тканей апекса побегов 3-суточных проростков всех генотипов. Таким образом, лабораторно подтверждена засухоустойчивость гибридных комбинаций пшеницы, выявленная ранее в полевых условиях. Принципиальное совпадение результатов полевых опытов с лабораторными показателями засухоустойчивости изученных гибридов пшеницы позволяет сделать вывод о перспективности использования незрелых автономных зародышей, культивируемых в селективных условиях имитации засухи *in vitro*, в ускоренной первичной оценке засухоустойчивости вновь созданных селекционных образцов.

Ключевые слова: биотехнология; эмбриокультура *in vitro*; засухоустойчивость.

BIOTECHNOLOGICAL METHOD OF SELECTIVE EMBRYO CULTURE *IN VITRO* IN THE ACCELERATED ASSESSMENT OF DROUGHT RESISTANCE OF BREEDING SAMPLES (USING THE EXAMPLE OF SPRING SOFT WHEAT)

Kruglova N.N.

Ufa Institute of biology of UFRC RAS, Ufa, Russia

Keywords: selective biotechnology; embryo culture *in vitro*; drought resistance

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ШТАММА *BACILLUS SUBTILIS* 3Н НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ У РАСТЕНИЙ *SOLANUM TUBEROSUM*

Кузнецова М.В.^{1,2}, Федяев В.В.², Коряков И.С.³, Фархутдинов Р.Г.^{2*}

¹ ООО «Научно-внедренческое предприятие «БашИнком», Уфа, Россия

² Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

³ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа Россия

*E-mail: frg2@mail.ru

Биологизация агропроизводства, основанная на использовании естественных биологических процессов, является ключевым путем к достижению устойчивого развития в сельском хозяйстве. В этом контексте огромную роль играют биопрепараты, основанные на естественных представителях растительной или почвенной микробиоты, непатогенных для человека. Наиболее известными и часто включаемыми в состав биофунгицидов являются биопрепараты на основе штамма *B. subtilis* 26Д («Фитоспорин» и др.). Перспективным в данном направлении является непатогенный для человека штамм *Bacillus subtilis* 3Н с известным клинически доказанным пробиотическим действием [Пат. № 2067616С1, 1996].

Нам удалось подтвердить эндофитность *B. subtilis* 3Н на стерильных бобах фасоли выращенных на питательной среде после инокуляции семян бактериальной суспензией штаммом при предпосевной обработке и с помощью RAPD-анализа также обработанных растений картофеля.

Согласно полученным результатам исследований оба штамма *B. subtilis* 26Д и 3Н проявляли антагонистическую активность в отношении тест-культур во всех разведениях. Штамм *B. subtilis* 3Н проявил большую фунгицидную активность по отношению к *F. culmorum* и *Fusarium spp.* по сравнению с эталоном во всех разведениях. Бесклеточный ультрафильтрат метаболитов *B. subtilis* 3Н проявлял антагонистическую активность ниже по сравнению с исходной бактериальной суспензией штамма в отношении всех тест-культур. Бактериальная суспензия штамма *B. subtilis* 3Н по своим фунгицидным качествам не уступает эталонному фунгицидному штамму *B. subtilis* 26Д. Установлено ростостимулирующее действие штамма, которое выражалось увеличении длины и массы надземной части и корней картофеля через 7-суток после предпосевной обработки микроклубней.

Оценка влияния обработки семян биопрепаратом приводила к повышению активности (в разной степени, относительно не обработанного контроля) каталазы, пероксидазы, МДА, СОД и снижению содержания перекиси водорода. Этого говорит о стимулирующем действии штамма на антиоксидантную систему растений картофеля.

Ключевые слова: *Bacillus subtilis* 3Н; *Solanum tuberosum*; антиоксидантная система; эндофитность.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF *BACILLUS SUBTILIS* 3H STRAIN ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES IN *SOLANUM TUBEROSUM* PLANTS

Kuznetsova M.V.^{1,2}, Fedyaev V.V.², Koryakov I.S.³, Farkhutdinov R.G.^{2*}

¹ Limited Liability Company "Scientific and Implementation Enterprise "BashInkom", Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

³ Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: *Bacillus subtilis* 3Н; *Solanum tuberosum*; antioxidant system; endophytosis

ОКСАЛОТРОФНОСТЬ ЭНДОФИТНЫХ ШТАММОВ *BACILLUS SUBTILIS*, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАСТЕНИЙ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Кутлубаев А.А.*, Хайруллин Р.М.

Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: kutlubayev.a@bk.ru

Одним из значимых элементов в системе биозащиты растений от фитопатогенных грибов с использованием эндофитных бактерий может быть проявление последними способности метаболизировать оксалаты. Существует три механизма деструкции щавелевой кислоты (ЩК) оксалотрофами, обусловленные функционированием соответствующих ферментов: оксالاتоксидазы [Dumas et al., 1995], оксалатдекарбоксилазы [Don et al., 2024] и оксалил-КоА-декарбоксилазы [Svedruzic et al., 2005].

Известно, что у некоторых видов фитопатогенных грибов, например *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum* [Han et al., 2007] ЩК является фактором вирулентности. Таким образом, оксалотрофные эндофиты, а также ризосферные мутуалисты, утилизируя ЩК, способны подавлять вирулентность указанных и других фитопатогенных грибов. К примеру, два оксалотрофных штамма *Stenotrophomonas* sp. существенно снижали степень поражения растений арабидопсиса фитопатогенами *S. sclerotiorum* и *B. cinerea*.

Распространенность оксалотрофных бактерий в тканях растений может определяться количеством ЩК в растительных тканях. Превалирование оксалотрофов в таких растениях должно быть обусловлено использованием бактериями ЩК как источника углерода.

Известно, что яровая пшеница не относится к накопителям оксалатов. Тем не менее, в тканях этой основной хлебной культуры могут встречаться оксалотрофные эндофиты, способные вносить свой вклад в устойчивость к определенным фитопатогенам – продуцентам ЩК. В связи с этим оценивали способность 17 штаммов *Bacillus subtilis* из коллекции эндофитов пшеницы Института биохимии и генетики УФИЦ РАН, а также штаммов *B. subtilis* 26Д - основа препарата фитоспорин-М и 11В - препарата споровит, расти на среде ПСС [Сарварова, 2021] с оксалатом аммония и глюкозой (1 г/л + 3 г/л) в качестве источников углерода. 11 из 17 указанных штаммов (64%), а также штаммы 26Д и 11В могли расти на указанной среде при первом пассаже. Дальнейшая селекция на среде с оксалатом выявила способность штаммов адаптироваться к этому источнику углерода, размеры колоний увеличивались. Без адаптации к оксалату не могли расти штаммы 98RNR, 118RNR, 141RNR, 811RNR, 861RNR, 871RNR, 962RNR. Следует отметить, что нами в геноме эндофита *B. subtilis* 26Д (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/GCF_044841745.1/) выявлена последовательность из 1158 нуклеотидов на 99,98% комплементарная гену оксалатдекарбоксилазы *oxdC* референтного штамма *B. subtilis* 168. Таким образом, одним из механизмов повышения устойчивости с.-х. культур в сообществе с эндофитами, например при обработке растений препаратом фитоспорин (*B. subtilis* 26Д), может быть наличие у бактерий свойства оксалотрофности, способствующего деструкции ЩК – одного из специфических факторов вирулентности некоторых фитопатогенных грибов.

Ключевые слова: оксалотрофность; эндофитные бактерии; яровая пшеница.

OXALOTROPHY OF ENDOPHYTIC *BACILLUS SUBTILIS* STRAINS ISOLATED FROM SOFT SPRING WHEAT PLANTS

Kutlubayev A.A.*, Khairullin R.M.

Institute of Biochemistry and Genetics of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (UFIC RAS), Ufa, Russia

Keywords: oxalotrophy; endophytic bacteria; spring wheat

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ БИОПЛЕНОК ПОЧВЕННЫХ ПСЕВДОМОНАД

Лавина А.М.^{1*}, Чубукова О.В.^{1,2}, Хакимова Л.Р.^{1,2}, Вершинина З.Р.^{1,2}, Матниязов Р.Т.¹

¹ Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

² ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия

*E-mail: owlwoman@mail.ru

Биопленки представляют собой уникальные микробные сообщества, которые обеспечивают защиту бактерий от неблагоприятных факторов окружающей среды и повышают их конкурентоспособность. Особую значимость исследование биопленок приобретает в контексте почвенных микроорганизмов рода *Pseudomonas*, формирующих устойчивые ассоциативные симбиозы с растениями и зачастую проявляющих при этом эффекты типичные для PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria – ризобактерии, стимулирующие рост растений). Целью исследования являлось изучение влияния различных абиотических факторов на процессы биопленкообразования почвенных штаммов *Pseudomonas* sp.

В ходе исследования было выявлено, что все исследуемые штаммы псевдомонад обладали способностью к биопленкообразованию. Показано, что повышенные температуры оказывают ингибирующее влияние на формирование биопленок. Обнаружено, что ионы кальция демонстрируют двойственный эффект, зависящий от их концентрации в среде. Так, было выявлено, что внесение в культуральную среду хлорида кальция в концентрации до 3,4М способствует образованию более сложных архитектурных структур биопленок и увеличению их толщины, в то время как при концентрации CaCl_2 5,1М наблюдалось ингибирующее действие ионов кальция на формирование биопленок штаммов *P. fluorescens* biovar I B-6735, *Pseudomonas* sp. 67 НМ, *Pseudomonas* sp. 17 НМ и *Pseudomonas* sp. 65 НМ. Продemonстрировано, что хлорид натрия выступал как фактор, стимулирующий процессы биопленкообразования: при внесении высоких концентраций NaCl (300 мМ и 3М) было зафиксировано формирование более зрелых биопленок и увеличение показателей их относительной биомассы.

Таким образом, полученные результаты имеют важное значение для понимания механизмов воздействия абиотических факторов на формирование биопленок у почвенных псевдомонад. И могут быть использованы при разработке биотехнологических подходов к управлению процессами биопленкообразования для повышения урожайности важных сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: *Pseudomonas* sp., биопленкообразование, почвенные штаммы, кинетика биопленок, абиотические факторы.

THE INFLUENCE OF ABIOTIC FACTORS ON THE FORMATION OF BIOFILMS BY SOIL PSEUDOMONAS

Lavina A.M.^{1*}, Chubukova O.V.^{1,2}, Khakimova L.R.^{1,2}, Vershinina Z.R.^{1,2}, Matniyazov R.T.¹

¹ Institute of Biochemistry and Genetics – Separate Structural Division of the Federal State Budgetary Research Institution of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

² FGBOU VO «Ufa State Petroleum Technological University», Ufa, Russia

Keywords: *Pseudomonas* sp., biofilm formation, soil strains, biofilm kinetics, abiotic factors

ИССЛЕДОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ДИКЛОФЕНАКА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Лаврухина О.И.^{1,2*}, Некрасов Д.Ю.¹, Щербаков А.В.³, Богданова А.П.², Третьяков А.В.¹

¹ Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов

² Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

³ Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

*E-mail: hamsster@mail.ru

Диклофенак (ДФ) относится к группе нестероидных противовоспалительных препаратов и используется как в медицине, так и в ветеринарии. Нарушения в регламентах применения, технологий очистки сточных вод и использование неочищенного навоза в качестве удобрения могут привести к загрязнению ДФ поверхностных и грунтовых вод, почвы и растений. В связи с этим актуальным является изучение его накопления и контроль остаточных количеств в объектах окружающей среды (ООС). В рамках данной работы для полуколичественного определения содержания ДФ в водных средах показана возможность использования метода цифровой цветометрии с использованием хемилюминесцентной реакции с хлорофиллом и люминолом и применением смартфона и приложения PhotoMetrix PRO®. Диапазон определяемых содержаний составил $2,5 \times 10^{-4}$ –2,5 мг/мл, коэффициент детерминации – 0,765. Кроме того, установлено, что облучение ультрафиолетом ($\lambda=253,7$ нм) в течение 2,5 ч снижает содержание ДФ незначительно – на 3,99%.

Изучено накопление ДФ в почвах различного состава, влияние удобрений на степень накопления и оценены уровни его миграции в вегетативные части горчицы. При ВЭЖХ-МС/МС-определении диклофенака в почве и вегетативных частях горчицы на этапе подготовки проб использована двухэтапная жидкостная экстракция. Детектирование осуществляли в режиме MRM (ESI(-)), нижняя граница определяемых содержаний – 10 мкг/кг. Установлено, что накопление ДФ (7 сут.) максимально в глинистых почвах ($185,3 \pm 3,8$ мкг/кг), независимо от содержания гуминовых кислот, и минимально в песчаной ($89,0 \pm 2,5$ мкг/кг). Изучены особенности накопления ДФ в почве и вегетативных частях горчицы в лабораторных условиях при моделировании контаминации поливной воды. Содержание в почве ДФ через 30 дней (C_{df} 200 мкг/л, полив через день) составило 1,26 мкг/кг. Исследование индивидуального влияния внесения удобрений и микробиологического биопрепарата на накопление ДФ в почве показало, что при их добавлении он накапливается в почве в больших количествах (на 65,83% и 125,4% соответственно). Это может быть связано с повышением стабильности препарата и сорбционного потенциала почвы при увеличении в ней содержания N, P и органического вещества. Количество ДФ в горчице при одновременном внесении в почву вначале эксперимента удобрения и биопрепарата составило 19 мкг/кг, в почве при этом – 14,4 мкг/кг, что свидетельствует о высоком потенциале его миграции в растения.

Ключевые слова: диклофенак; загрязнение окружающей среды; накопление в почве; миграция в растения; ВЭЖХ-МС/МС.

STUDY OF DICLOFENAC ACCUMULATION IN ENVIRONMENTAL OBJECTS

Lavrukhina O.I.^{1,2*}, Nekrasov D.Yu.¹, Shcherbakov A.V.³, Bogdanova A.P.², Tretyakov A.V.¹

¹ The Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality

² Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov

³ D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology

Keywords: diclofenac; environmental pollution; accumulation in soil; migration to plants; HPLC-MS/MS

ЗАЩИТНЫЕ РЕАКЦИИ В РАСТЕНИЯХ С РАЗНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К БОЛЕЗНЯМ, ВЫЗЫВАЕМЫМ ФИТОПАТОГЕННЫМИ ГРИБАМИ

Лебединский М.И.*, Шахназарова В.Ю., Вишневская Н.А., Бородин Е.В.,
Шапошников А.И., Струнникова О.К., Юзихин О.С., Белимов А.А.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
микробиологии», Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: lebedin21@bk.ru

Некоторые представители родов *Fusarium* и *Botrytis* являются опасными фитопатогенными грибами, вызывающими болезни многих сельскохозяйственных культур. Повышение устойчивости растений к фитопатогенам является важной и актуальной задачей. Для прояснения механизмов устойчивости были изучены реакции восприимчивого (k-27652) и устойчивого (k-3454) генотипов ячменя (*Hordeum vulgare* L.) на инфицирование *Fusarium culmorum* 30 (Fc30). Ответные реакции ячменя оценивали по уровню экспрессии защитных генов *LOX*, *PAL*, *PR1*, *PR4*, *NPR1*, *WRKY33*, *WRKY34* методом ПЦР в реальном времени. Было установлено, что в устойчивом генотипе в ответ на атаку Fc30 гены *PR1*, *PR4*, *LOX* были индуцированы раньше, чем в восприимчивом. По сравнению с контролем, увеличение экспрессии защитных генов в устойчивом генотипе отмечалось чаще, чем в восприимчивом. Установлено, что устойчивость ячменя к корневой гнили в большей степени зависела от скорости индукции защитных генов и интенсивности их экспрессии, нежели от количества ДНК Fc30 в корнях и уровня продуцируемых патогеном трихотеценовых токсинов. При этом ключевыми генами устойчивых взаимоотношений, которые могут служить маркерами для поиска устойчивых генотипов, являются *PR1*, *PR4*, *LOX* и *PAL*.

Изучено влияние ризосферной бактерии *Rhodococcus* sp. P1Y, утилизирующей абсцизовую кислоту (АБК), на взаимоотношения проростков подсолнечника и АБК-продуцирующего фитопатогенного гриба *Botrytis* sp. ВА3. Установлено, что *Rhodococcus* sp. P1Y метаболизировал АБК в присутствии фитопатогена в периодической культуре и в корневой зоне. Негативное воздействие гриба на рост подсолнечника, вызванное повышением концентрации АБК в корнях, снижалось в присутствии ризобактерий. Это свидетельствовало о биоконтроле данного фитопатогена посредством модуляции гормонального статуса растений.

Работа поддержана проектом РНФ № 24-16-00166.

Ключевые слова: ячмень, защитные гены, абсцизовая кислота.

DEFENSE RESPONSES IN PLANTS WITH DIFFERENT RESISTANCE TO DISEASES CAUSED BY PHYTOPATHOGENIC FUNGI

Lebedinskii M.I.*, Shakhnazarova V.Yu., Vishnevskaya N.A., Borodina E.V.,
Shaposhnikov A.I., Strunnikova O.K., Yuzikhin O.S., Belimov A.A.

FSBSI All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, Saint-Petersburg, Russia

This work was supported by the grant RSF 24-16-00166.

Keywords: barley; defense genes; abscisic acid

ОБЛИГАТНЫЙ ПАРАЗИТ ПОДСОЛНЕЧНИКА (*PUCCINIA HELIANTHI* SCHWEIN.) И МОНИТОРИНГ ЕГО ПАТОТИПОВ В РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Лепешко Е.С.

Донская опытная станция имени Л.А. Жданова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, Ростовская область, Россия

E-mail: FENYKAY@yandex.ru

Возбудитель ржавчины (*Puccinia helianthi* Schwein.), паразитирующий на подсолнечнике – облигатный паразит, узкоспециализированный базидиальный гриб. В цикле своего развития он имеет три стадии (эцидиальная, уредиальная, телио) и пять типов спороношения (базидии, спермогонии, эции, урединии, телии). Заражение растений подсолнечника происходит в весенний период. Оптимальная температура воздуха для этого процесса – +18–20 °С, но заражение может происходить при температуре, значительно отличающейся от оптимальной (от +6 до +28 °С). Влажность воздуха при этом должна быть не ниже 70 %, так как этот гриб очень требователен к данному показателю. Погодные условия 2021–2023 гг. складывались благоприятно для заражения и проявления болезни. С применением международно принятой триплетной системы кодирования проведен анализ кодовой принадлежности изолятов *P. helianthi*, собранных в районах Ростовской области (237 изолятов), который показал наличие 34 биотипов с преобладанием кода 700 (52,7 %). В данной выборке был идентифицирован наиболее вирулентный для этой кодовой системы номер 777. Он поражает все имеющиеся у нас линии-дифференциаторы устойчивости к возбудителю ржавчины подсолнечника. Погодные условия 2024 года были крайне неблагоприятны для развития патогена, наблюдался сильный дефицит влаги и повышенные температуры воздуха (в отдельные дни до 42 °С). За период вегетации подсолнечника (май–август) выпало 27,2 мм осадков, при среднемноголетнем значении за тот же период – 202,7 мм. Согласно нашим исследованиям, в этот год наблюдалось увеличение периода развития от образования эциопустул до урединиопустул и ускоренное появление телиопустул. По нашему мнению, заражение растений и скрытое развитие мицелия гриба в листьях происходило, но отсутствие влаги и высокие температуры воздуха подавляли процесс формирования урединиопустул, замедляя его, но не останавливая полностью. Несмотря на такие засушливые условия, в Ростовской области в 2024 году были выявлены шесть патотипов гриба с кодами вирулентности: 704, 706, 710, 714, 737 и 764, оказавшиеся выносливыми к экстремальным условиям существования. Проведенные исследования показали также, что в Ростовской области наиболее распространен биотип *P. helianthi* с кодовым номером 700. Поэтому селекцию гибридов подсолнечника, районированных для этого региона, необходимо проводить на устойчивость в первую очередь к патотипу 700.

Ключевые слова: ржавчина; *Puccinia helianthi* Schwein.; изолят; код вирулентности.

THE OBLIGATE PARASITE OF SUNFLOWER (*PUCCINIA HELIANTHI* SCHWEIN.) AND MONITORING OF ITS PATHOTYPES IN THE ROSTOV REGION

Lepeshko E.S.

L.A. Zhdanov Don experimental station – a branch of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Rostov region, Russia

Keywords: rust; *Puccinia helianthi* Schwein.; isolate; virulence code

МОБИЛИЗАЦИЯ ФОСФОРА КЛЕТКАМИ *ENTEROBACTER LUDWIGII* ФМ 3.4.2, АДГЕЗИРОВАННЫМИ НА БИОЧАРЕ

Максимова Ю.Г.^{1,2*}, Айкина В.Н.¹, Семёнова К.Г.²

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² «Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН», Пермь, Россия

*E-mail: yul_max@mail.ru

В почве фосфаты находятся в основном в связанных, недоступных для растений формах, что требует внесения больших объемов неорганических удобрений. При этом подавляющее количество внесённых фосфатов образует нерастворимые соединения с минералами почвы, а также выносятся в водоемы, приводя к их эвтрофикации. Поэтому применение биоудобрений в виде фосфатмобилизующих микроорганизмов становится всё более актуальным. Однако внесенные инокулянты могут достаточно быстро терять свою эффективность и элиминироваться из биотопа, поэтому способ внесения микроорганизмов особенно важен. Имобилизация микробных клеток повышает их устойчивость к неблагоприятным условиям и способствует длительному сохранению жизнеспособности. При этом наиболее благоприятно использовать носитель, который выполняет полезную функцию в почве. Таким материалом может быть биоуголь (биочар) – недорогой углеродсодержащий продукт, синтезируемый путем термохимической бескислородной обработки биомассы.

Клетки выделенного нами ранее из грунта содового шламохранилища АО Березниковский содовый завод (Пермский край) алкалотолерантного *Enterobacter ludwigii* ФМ 3.4.2 (ВКМ В-3871D), обладающего способностью мобилизовать фосфор нерастворимых неорганических соединений, были адгезированы на биочаре (ООО «Вятская угольная компания») и древесном активированном угле-пудре (ИП Чуева В.М., Брянская обл.). Определено, что при адгезии из суспензии клеток с концентрацией 5,3-8 мг/мл на биочаре достигается наибольшая масса имобилизованных клеток – от $75,2 \pm 0,7$ до $87,5 \pm 4,3$ мг/г. При дальнейшем повышении концентрации клеток в суспензии масса адгезированных клеток снижается, и оптимальная ОП₅₄₀ суспензии для адгезии клеток составляет 0,5-1 ед.

Изучили процесс мобилизации фосфора из трикальцийфосфата свободными и адгезированными клетками *E. ludwigii* ФМ 3.4.2. Показано, что в процессе 11-14 сут роста культуры на среде NBRIP с нерастворимым трикальцийфосфатом как источником фосфора отличия в скорости его растворения наблюдаются только в первые 5 сут роста. Концентрация фосфат-ионов в среде возрастает до $111,4 \pm 3,2$ и $95,0 \pm 5,7$ мкг/мл при культивировании клеток, адгезированных на биочаре и угле-пудре соответственно, тогда как клетки в суспензии выделяют до $61,1 \pm 9,9$ мкг/мл фосфора на 5-е сут культивирования. Однако при продолжительности культивирования до 11-14 сут концентрация свободных фосфат-ионов в среде сравнивается, что может быть связано с его потреблением растущими клетками. Таким образом, имобилизация клеток не оказывает отрицательного влияния на процесс растворения фосфора, защищает клетки от внешних воздействий, а носители биочар и активированный уголь-пудра улучшают свойства почвы (структуру, влагоудержание, содержание органического углерода). Применение такого биоудобрения оказывает комплексное положительное воздействие на питание растений и урожайность сельскохозяйственных культур.

Исследование выполнено в рамках госзадания, рег. номер 124020500028-4.

Ключевые слова: мобилизация фосфора; имобилизация микробных клеток; адгезия; биочар; биоудобрение.

PHOSPHORUS SOLUBILIZATION BY *Enterobacter ludwigii* FM 3.4.2 CELLS ADHESIVED TO BIOCHAR

Maksimova Yu.G.^{1,2}, Aikina V.N.¹, Semenova K.G.²

¹ Perm State National Research University

² Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, UB RAS

Key words: phosphorus solubilization; microbial cell immobilization; adhesion; biochar; biofertilizer

РЕГУЛЯЦИЯ МЕТАБОЛОМА МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Мальцев Е.И.*, Кривова З.В., Яковийчук А.В.

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

*E-mail: maltsev.ye@yandex.ru

Стратегии, применяемые для увеличения рентабельности использования биомассы микроводорослей в биотехнологии, очень разнообразны. Прежде всего, это скрининг биохимического профиля различных видов водорослей. Особое значение при этом придается поиску новых высокопроизводительных видов или их штаммов из разных природных биотопов. Другой перспективной стратегией является разработка особого дизайна условий культивирования, обеспечивающего рост продуктивности микроводорослей. Известно, что с помощью абиотических факторов стресса (питательное голодание, экстремальный свет, УФ-излучение, высокие температуры и др.) во время культивирования можно изменить состав биомассы микроводорослей и увеличить содержание биотехнологически ценных соединений.

С целью разграничения оптимальных и стрессовых условий культивирования штаммов микроводорослей, имеющих различный исторический след природной и лабораторной адаптации, был осуществлен параллельный анализ антиоксидантного статуса 150 видов и штаммов микроводорослей, используя для этого такие характеристики как активность ферментов каталазы, супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы, содержание низкомолекулярных соединений (каротиноиды, α -токоферол, ретинол); соотношение содержания хлорофилла к каротиноидам, коэффициент антиоксидантной активности, ненасыщенность жирных кислот липидов. Анализ полученных результатов методом главных компонент показал, что сила взаимосвязи между содержанием разных метаболитов в биомассе, составом питательной среды, интенсивностью света и временем культивирования для микроводорослей разная и отражает специфику их метаболических стратегий в ответ на изменение условий культивирования.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 23-74-10081).

Ключевые слова: водоросли; коллекция культур; культивирование; стрессирование.

REGULATION OF THE MICROALGAE METABOLOME IN SOLVING BIOTECHNOLOGICAL ISSUES

Maltsev Y.I.*, Krivova Z.V., Yakoviichuk A.V.

K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, IPP RAS, Moscow, Russia

Keywords: algae; culture collection; cultivation; stressing

ИЗМЕНЕНИЯ В МИКРОБИОЦЕНОЗЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ КАМЕНКА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕСЕНИЯ СОРБЕНТОВ

Мансурова А.Р. *, Егорова Д.О.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Россия

*E-mail: Mansurova.adel@mail.ru

Загрязнение нефтяными углеводородами (НУ) при добыче и транспортировке до сих пор остается одной из самых острых экологических проблем. В Пермском крае есть более 200 месторождений углеводородов, часть из которых расположены вблизи водных объектов. Накопление НУ в донных отложениях (ДО) представляет собой серьезную опасность из-за их канцерогенных свойств, химической стабильности, а также способности к биомагнификации – увеличению концентрации поллютанта в тканях организмов по трофической цепи.

Микроорганизмы способны разлагать НУ до менее- или нетоксичных соединений, используя их как источник углерода и энергии, но высокие концентрации угнетают активность микроорганизмов. Для снижения токсического воздействия применяют сорбенты, которые избирательно поглощают НУ, создавая условия для жизнедеятельности микроорганизмов-деструкторов.

Цель исследования – оценить изменения в численности эколого-трофических групп микробиоценоза донных отложений р. Каменка, последовавшие в результате внесения сорбента.

В ходе исследования было отобрано 5 проб ДО из р. Каменки, расположенной вблизи Кокуйского нефтяного месторождения. В модельных лабораторных экспериментах использовали в качестве вносимых сорбентов активированный уголь и минерально-целлюлозный сорбент (МЦС). Длительность эксперимента – 4 мес. Анализировали численность олиготрофных, нефтеокисляющих и сапротрофных бактерий.

Анализ результатов показал, что внесение сорбентов оказывает положительное влияние на численность нефтеокисляющих и сапротрофных бактерий. Культивирование образцов ДО с МЦС привело к увеличению численности группы нефтеокисляющих бактерий в 7,7-108 раз, а сапротрофных – в 4-179 раз. Внесение активированного угля также привело к увеличению данных эколого-трофических групп микроорганизмов. Так, численность нефтеокисляющих бактерий увеличилась в 1,7-35,5 раз, сапротрофных в 2,6-201 раз. Следует отметить, что наблюдается значительная вариабельность результатов между пробами, которая указывает на важность учета локальных условий и исходного состояния микробиоты при планировании мероприятий по биоремедиации.

Полученные данные подтверждают перспективность использования МЦС для восстановления нефтезагрязненных экосистем.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 24-17-20025

Ключевые слова: донные отложения; нефтяное загрязнение; сорбенты; микробиоценоз.

CHANGES IN THE MICROBIOCENOSIS OF OIL-CONTAMINATED BOTTOM SEDIMENTS OF THE KAMENKA RIVER AS A RESULT OF SORBENT APPLICATION

Mansurova A.R.*, Egorova D.O.

Perm State University, Perm, Russia

This work was supported by the grant RSF 24-17-20025.

Keywords: bottom sediments; oil pollution; sorbents; microbiocenosis

МЕТОДОЛОГИЯ ОТБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ ШТАММОВ БАКТЕРИЙ ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ *PHASEOLUS VULGARIS* L.

Маркова О.В.*, Гарипова С.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

*E-mail: o-ksana@list.ru

В настоящее время биопрепараты, созданные на основе эндофитных бактерий, применяются для повышения урожайности и адаптивности агрокультур. Однако существующие биопрепараты разрабатываются как универсальные средства, не учитывающие сортовые особенности растений, что снижает их эффективность. В связи с этим целью работы являлась разработка методологии отбора штаммов бактерий, способных к эффективному симбиотическому взаимодействию с растениями фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.).

Разработанная методология, основанная на экспериментальных данных, включает поэтапные действия и направлена на прецизионное создание растительно-микробных комбинаций, адаптированных к потребностям определенного сорта. На начальном этапе осуществляется выбор сорта фасоли и изучение его адаптивных характеристик. Предпочтение отдается сортам, перспективным для возделывания в конкретном регионе. Важно учитывать агробиологические особенности сорта, такие как сроки посева и созревания, требования к условиям произрастания. На втором этапе *in vitro* на 7-суточных проростках фасоли проводится оценка реакции выбранного сорта на экзогенную обработку семян фитогормонами – индолил-3-уксусной кислотой (ИУК) и 6-бензиламинопурином (БАП) в диапазоне концентраций от 0,00001 до 10 мг/л. Результаты позволяют определить оптимальные концентрации фитогормонов, при которых наблюдается максимальный рост проростков по таким параметрам как длина корня и побега, число и сумма длин придаточных корней. На третьем этапе, на основе результатов скрининга микроорганизмов, осуществляется подбор штаммов бактерий, обладающих способностью к синтезу фитогормонов (ИУК или БАП). Выбираются штаммы, демонстрирующие высокую активность в синтезе соответствующих фитогормонов. На заключительном, четвертом этапе *in vitro* проводится биотестирование отобранных сорт-штаммовых комбинаций, используя комплекс показателей, таких как длина главного корня, содержание перекиси водорода и малонового диальдегида в корнях, активность каталазы у 7-суточных проростков фасоли. В результате выбираются наиболее эффективные комбинации сорт-штамм, демонстрирующие максимальное увеличение длины главного корня и снижение уровня окислительного стресса.

Таким образом, разработанная методология учитывает особенности сорта растения, его реакцию на экзогенную обработку фитогормонами и дозы вносимых бактерий, что позволяет отбирать наиболее эффективные штаммы бактерий, исключая неэффективные, для дальнейшего применения при инокуляции фасоли в полевых условиях.

Ключевые слова: фасоль; эндофитные бактерии; эффективный симбиоз.

METHODOLOGY FOR THE SELECTION OF EFFECTIVE BACTERIAL STRAINS FOR THEIR USE IN INOCULATION OF *PHASEOLUS VULGARIS* L.

Markova O.V.*, Garipova S.R.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Keywords: beans; endophytic bacteria; effective symbiosis

СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ *GLADIOLUS TENUIS* В НОВЫХ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯХ В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

Маслова Н.В., Мулдашев А.А., Елизарьева О.А.*

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: herbary-ib-ufa@mail.ru

Гладиолус (шпажник) тонкий *Gladiolus tenuis* M. Bieb. (сем. Касатиковые – Iridaceae Juss.) – редкое растение Приуралья и Южного Урала (Горчаковский, Шурова, 1982; Кучеров и др., 1987). Вид включен в «Красную книгу Республики Башкортостан» (2021) со статусом: 3 – редкий вид; вид, находящийся в состоянии близком к угрожаемому (NT); II приоритет принимаемых мер охраны в Башкирском Предуралье и Башкирском Зауралье.

По распространению это восточноевропейско-кавказский степной вид, известный в Восточной Европе, на Кавказе, в Средней и Малой Азии (Флора..., 1979). В Башкортостане встречается в Предуралье (Альшеевский, Белебеевский, Бижбулякский, Зианчуринский, Ишимбайский, Кармаскалинский, Куюргазинский, Миякинский, Стерлибашевский, Туймазинский, Уфимский р-ны), на Южном Урале (Зилаирское плато) (Зилаирский, Кугарчинский, Мелеузовский р-ны), в Зауралье (Баймакский, Хайбуллинский р-ны) (Гербарий UFA). Для Южного Урала характерна особая стерильная форма *G. tenuis*, отличающаяся наличием только вегетативного размножения (Мамаев, 2004). Все популяции вида восточнее Волги в степной и лесостепной зонах на протяжении более 800 км, представляют собой один стерильный, триплоидный ($2n=3x=45$) клон (Князев и др., 2015).

В 2022 г. обследована новая популяция *G. tenuis* в Миякинском р-не, в 3,5 км от с. Курманайбаш по дороге на с. Стерлибашево (Белебеевская возвышенность). Вид здесь произрастает на заболоченных и влажных лугах с переменным увлажнением по окраине склонового карбонатного болота. На сегодня это самая большая, как по площади (около 4,8 тыс. м²), так и по численности (около 70 тыс. растений) известная популяция в Башкирском Предуралье. На учетной площади 40 м² обнаружено 581 растение. Плотность составила 0(1)-42 шт./м² (в среднем – 14,5). Преобладают генеративные растения (71,3%). Высота генеративных растений 55,0-79,4 см (в среднем – 64,4), число цветков в соцветии 3-8 шт.

В 2025 г. изучена новая популяция *G. tenuis* в Зианчуринском р-не, в 0,9 км к юго-востоку от д. Ниж. Акберда (Общий Сырт). Популяция сформировалась на влажном лугу с переменным увлажнением между двух временных водотоков. На учетной площади 40 м² было 408 растений. Плотность – 2-26 шт./м² (в среднем – 10,2). Преобладают генеративные растения (90,9%). Вегетативное размножение ослаблено. Высота генеративных растений 70,5-91,0 см (в среднем – 78,3), число цветков в соцветии 5-7 шт. Популяция включает около 3 тыс. растений, но из-за небольшой площади (около 300 м²) и находящихся рядом сельхозугодий (сенокос и пашня) весьма уязвима.

Обследованные популяции *G. tenuis* в новых местонахождениях многочисленны с преобладанием генеративных растений. Местообитание популяции *G. tenuis* у с. Курманайбаш, как наиболее крупной и хорошо сохранившейся, является перспективной территорией для учреждения ООПТ в статусе памятника природы.

Ключевые слова: *Gladiolus tenuis*; редкий вид; охрана; популяция; Красная книга; Республика Башкортостан

THE STATE OF *GLADIOLUS TENUIS* POPULATIONS IN NEW LOCATIONS IN THE BASHKIR CIS-URALS

Maslova N.V., Muldashev A.A., Elizaryeva O.A.*

Ufa Institute of Biology of the UFRS of the RAS, Ufa, Russia

Keywords: *Gladiolus tenuis*; rare species; protection; population; Red Data Book; the Republic of Bashkortostan

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОТОКСИЧНОСТИ НОВОГО ГЕРБИЦИДНОГО СРЕДСТВА ПРОИЗВОДНОГО 3-ИЗОПРОПИЛХИНАЗОЛИН-4(3Н)-ОН

Матусевич С.В.*, Анисимова Л.Г.

ГБУ РБ «Научно-исследовательский технологический институт гербицидов и регуляторов роста растений с опытно-экспериментальным производством Академии наук Республики Башкортостан», Уфа, Россия

*E-mail: matus.bio@bk.ru

Помимо гербицидной активности современных препаратов определяющим фактором их использования является экологическая безопасность, которая проводится в рамках получения СГР.

В настоящем исследовании было проведено определение экологической токсичности гербицидного соединения на основе 3-изопропилхиназолин-4(3Н)-он на тест-объекте *Daphnia magna* Straus согласно методики ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.12-06Т 16.1:2:2.3:3.9-06. Для анализа взяты две препаративные формы (ПФ) исследуемого гербицидного средства: «водный раствор» (ВР) - 220 г/л д.в., в концентрациях (мг/л) - 0,01 мг/л, 0,1 мг/л, 0,5 мг/л; «текучая паста» (ТП) - 220 г/л д.в.), в концентрациях - 0,01 мг/л, 0,1 мг/л. В качестве эталона использовали препарат Базагран («Август»): д. в. - бензотиадиазины 480 г/л. ЛКР50-48 - 64 мг/л. Контролем служил вариант с водой.

Опыты проводили на однодневной синхронизированной культуре - по 10 дафний на вариант. Экспозицию дафний осуществляли в течение 48 часов, учет выживших особей производили через 1, 24 и 48 ч.

Таким образом, установлено, что токсичность ПФ «водный раствор» в концентрации (0,5 мг/л) в течение 24-часовой экспозиции была на уровне показателей токсичности препарата Базагран и составляла 16,67%. При этом концентрация действующего вещества была в 2 раза меньше, чем в эталоне. Концентрации 0,01-0,1 мг/л на 24 часа экспозиции не оказывали острого токсического эффекта.

В свою очередь ПФ «текучая паста» в концентрациях 0,01-0,1 мг/л через 24 часа экспозиции показала большую токсичность на 16-50% соответственно в сравнении с препаратом Базагран.

Таким образом, установлено, что ЛКР50-24 для формы гербицидного средства текучая паста (д.в. 220 г/л) составила в среднем 85 мг/л.

Ключевые слова: экологическая токсичность; 3-изопропилхиназолин-4(3Н)-он; *Daphnia magna* Straus; базагран, д.в. - действующее вещество.

DETERMINATION OF ECOTOXICITY OF A NEW HERBICIDE AGENT DERIVATIVE OF 3-ISOPROPYLQUINAZOLIN-4(3H)-ONE

Matusevich S.V. *, Anisimova L.G.

SBI of the RB «Research and Technology Institute of Herbicides and Plant Growth Regulators of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan», Ufa, Russia

Keywords: exotoxicity; 3-isopropilquinoline-4(3H)-on; *Daphnia magna* Straus; basagran, a.i. - active substance

РАЗВИТИЕ ПЫЛЬЦЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

Махнева С.Г.^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Уральский государственный педагогический университет, Екатеринбург, Россия
E-mail: makhniovasg@mail.ru

Исследовали состояние мужской генеративной системы сосны обыкновенной, произрастающей в условиях длительного многокомпонентного техногенного загрязнения от промышленных предприятий Среднего и Южного Урала. Пробные площади были заложены в культурах сосны второго-третьего классов возраста на разном расстоянии от источников техногенных эмиссий, формирующих щелочной (ОАО «Магнезит») или кислотный полиметаллический (АО «Карабашмедь», АО «Среднеуральский медеплавильный завод») типы загрязнения.

Оценивали количественные показатели – число деревьев, формирующих мужские шишки, их обилие в кроне модельных деревьев сосны и число микростробил, а также цитоморфологические и функциональные показатели пыльцы сосны на разных стадиях ее развития. Уровень текущего техногенного загрязнения насаждений определяли по накоплению компонентов техногенных эмиссий в почве, снеговом покрове и пыльце.

Установлено, что различия в уровнях техногенного загрязнения от разных источников влияют, прежде всего, на количественные показатели мужской генеративной системы. Так, в древостоях сосны в условиях высоких уровней техногенного загрязнения всех трансект было выявлено значительное снижение доли деревьев, формирующих мужские шишки, числа мужских шишек в кроне дерева и их размеров. Для всех древостоев было выявлено значительное возрастание частоты аномальной пыльцы ко времени ее созревания, наибольшее – в зонах техногенного загрязнения.

Детальный анализ спектра аномалий пыльцы сосны позволил оценить возможный вклад в формирование аберрантной пыльцы как типа, так и уровня техногенного загрязнения территорий. Так, в условиях щелочного типа техногенного загрязнения было отмечено возрастание частоты пыльцевых зерен нормального размера с цитологическими нарушениями и доли морфологически нормальной, но функционально неполноценной (непрорастающей) пыльцы. В древостоях в условиях многолетнего действия кислых выбросов было выявлено возрастание частоты мелких пыльцевых зерен с признаками некроза и морфологическими нарушениями, относительно других трансект.

Количественные и качественные показатели пыльцы сосны могут быть использованы в оценке состояния репродукции и качества среды обитания.

Ключевые слова: сосна; пыльцевое зерно; техногенное загрязнение.

DEVELOPMENT OF SCOTS PINE POLLEN UNDER CONDITIONS OF TECHNOGENIC POLLUTION OF THE ENVIRONMENT

Makhniova S.G.^{1,2}

¹ Federal State Budgetary Institution of Science, Yekaterinburg, Russia

² Institute Botanic Garden Ural Branch of the Russian Academy of Sciences Ural State Pedagogical University, Yekaterinburg, Russia

Keywords: pine; pollen grain; man-made pollution

АПРОБАЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ СОСТАВОВ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ ИНИЦИИ КАЛУССОГЕНЕЗА У ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*FRAGARIA*×*ANANASSA*) ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЭКСПЛАНТОВ

Межина К.М.*, Тихонова Н.Г.

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: k.mezhina@vir.nw.ru

В последнее десятилетие активно развивается селекция нового поколения – геномное редактирование, позволяющее в короткие сроки получить сорта с заданными свойствами. Одним из важнейших этапов является получение растений-регенерантов. На сегодняшний день у земляники (*Fragaria* L.) отсутствует единый протокол регенерации в виду сорто- и видоспецифичности и разработка протокола каллусо- и органоогенеза является актуальной задачей.

В нашем исследовании мы использовали микрорастения сортов Земляники садовой (*Fragaria*×*ananassa* Duch.) из коллекции ВИР: ‘Maryshka’ (K-49747), ‘Karmen’ (K-49742) и ‘Mieze Schindler’ (K-49736). В качестве эксплантов выступали листовые диски (сегмент 0,5×0,5 см) и черешки листьев (0,5-0,7 см) *in vitro* растений. По литературным источникам было подобрано 8 питательных сред: №1 – MS + 0,3мг/л 2,4Д + 0,5 мг/л БАП, №2 – MS + 2,0 мг/л БАП + 0,5мг/л НУК, №3 – MS + 0,5 мг/л 2,4-Д + 0,5мг/л НУК, №4 – MS + 2,0 мг/л БАП + 1,0 мг/л 2,4-Д, №5 – MS + 1,5 мг/л БАП + 0,75 мг/л НУК, №6 – MS + 3,0 мг/л 2,4-Д + 0,5 мг/л БАП, №7 – MS + +2,0 мг/л зеатин + 0,5мг/л НУК, №8 – MS + 0,2 мг/л ИМК + 2,0 мг/л TDZ, а также, среды собственного подбора №9 – MS + 1,0 мг/л НУК, №10 MS + 1,0мг/л БАП + 1,0мг/л 2,4-Д.

Таблица – апробация питательных сред для инициации каллусогенеза

Образец	Тип экспланта	Образование каллуса на питательных средах, %									
		№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
Maryshka (K-49747)	Листовой диск	100	-	-	100	100	60	-	60	-	50
	Черешок листа	100	-	-	80	100	60	60	40	-	80
Karmen (K-49742)	Листовой диск	100	80	-	100	50	50	100	100	-	80
	Черешок листа	100	100	20	100	100	40	100	100	-	60
Mieze Schindler (K-49736)	Листовой диск	100	-	-	-	30	-	-	-	-	-
	Черешок листа	30	60	-	70	20	10	40	50	-	30

Таким образом, выявлено, что среды №1, №4, №5 и №8 являются наиболее результативными и универсальными для каллусогенеза. У сортов ‘Maryshka’ и ‘Karmen’ интенсивное образование каллуса наблюдается независимо от типа экспланта, в то время как у сорта ‘Mieze Schindler’ наиболее результативным для каллусогенеза оказался черешок листа.

Тезисы подготовлены в рамках государственного задания ВИР согласно тематическому плану НИР по теме № FGEM-2025-008 «Разработка подходов ускоренной селекции для улучшения хозяйственно ценных признаков декоративных и ягодных культур».

Ключевые слова: *Fragaria* × *ananassa*; Земляника садовая; каллус; питательные среды

APPROBATION OF VARIOUS NUTRIENT MEDIA COMPOSITIONS FOR THE INITIATION OF CALLUSOGENESIS IN GARDEN STRAWBERRIES (*FRAGARIA*×*ANANASSA*) FROM VARIOUS TYPES OF EXPLANTS

Mezhina K.M.*, Tikhonova N.G.

Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Saint Petersburg, Russia

Keywords: *Fragaria* × *ananassa*; Strawberry; callus; nutrient media

ВЛИЯНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА КИСЛОТНО-ОСНОВНУЮ БУФЕРНОСТЬ ТЁМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ

Мелентьева О.А.*, Назырова Ф.И.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: helgus1@yandex.ru

Утилизация коммунальных отходов мегаполисов, в том числе осадков сточных вод (ОСВ), является важной научно-технологической проблемой, от степени решения которой во многом зависит экологическая обстановка урбанизированных территорий. ОСВ содержат большое количество органического вещества, азота, фосфора, калия, что делает возможным их применение в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения. Поскольку помимо удобрительного эффекта применение ОСВ может вызывать негативные экологические последствия, такие как увеличение содержания и подвижности ионов тяжелых металлов, токсичность которых в значительной степени зависит от изменения реакции почвенного раствора, то буферные свойства почв в кислотно-основном интервале приобретают особое значение. В условиях стационарного полевого опыта на тёмно-серой лесной почве изучали её буферную способность в кислотно-основном интервале при внесении ОСВ и как в чистом виде, так и в сочетании с сапропелем, помётом, отработанным кизельгуром и фосфоритом.

Схема опыта: контроль; 40 т/га ОСВ; 40 т/га ОСВ+10 т/га сапропеля; 40 т/га ОСВ+10 т/га отработанного кизельгура; 40 т/га ОСВ+2 т/га фосфорита; 10 т/га ОСВ; 10 т/га ОСВ+10 т/га сапропеля; 10 т/га ОСВ+10 т/га отработанного кизельгура; 10 т/га ОСВ+2 т/га фосфорита; 40 т/га помёта; 10 т/га помёта; 10 т/га сапропеля; 2 т/га фосфорита; 2 т/га фосфорита+10 т/га сапропеля; 2 т/га фосфорита+10 т/га отработанного кизельгура; 17 т/га помёта+2,7 т/га ОСВ.

Применение этих удобрений способствовало улучшению агрохимических свойств тёмно-серой лесной почвы: возросло содержание органического углерода, повысилась обеспеченность пахотного слоя почвы доступными формами азота, подвижного фосфора и обменного калия. Внесение ОСВ в дозах 10 и 40 т/га привело к незначительному повышению кислотности почвы (на 0,2–0,3 ед. рН). Внесение ОСВ с добавками, а также других удобрений способствовало более существенному подкислению реакции среды на 0,4–0,8 ед. рН. Наиболее заметные изменения произошли при внесении сапропеля, фосфорита и удобрения на основе куриного помёта. Использование ОСВ в дозе 40/га, как в отдельно, так и с добавлением сапропеля, кизельгура или фосфорита, способствовало наиболее существенному увеличению общей буферности, которая составила 65–69 см² против 59–62 см² на контроле и других вариантах опыта. До внесения удобрений буферность тёмно-серой лесной почвы была практически одинаковой и составляла 30,1 см² в кислотном интервале и 31,6 – в щелочном. После внесения удобрений площадь буферности в кислотном интервале уменьшилась на 2–6 см², а буферность в щелочном плече, напротив, возросла на 4–9 см² и стала превышать кислотную на 8–15 см².

Таким образом, использование в качестве органических удобрений осадков сточных вод, в том числе с добавлением помёта, сапропеля, кизельгура и фосфорита, улучшает агрохимические свойства почвы, а высокая буферная способность тёмно-серой лесной почвы препятствует переходу тяжелых металлов в подвижную форму, токсичную для растений и животных.

Ключевые слова: кислотно-основная буферность; осадки сточных вод; тёмно-серая лесная почва.

THE EFFECT OF WASTEWATER SEWAGE SLUDGE ON ACID-BASE BUFFERING OF DARK GREY FOREST SOIL

Melentyeva O.A., Nazyrova F.I.

Ufa Institute of Biology, UFRS RAS, Ufa, Russia

Keywords: acid-base buffering capacity; sewage sludge; dark-gray forest soil

ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИКЛОДЕКСТРИНГЛЮКАНОТРАНСФЕРАЗ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ОТ ФИТОПАТОГЕННЫХ МИКРОМИЦЕТОВ

Мильман П.Ю. *, Гильванова Е.А., Рябова А.С.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: milman.polina@gmail.ru

Клеточная стенка имеет решающее значение для поддержания формы и функции клеток, поэтому основной стратегией борьбы с микозами является разрушение клеточной стенки гриба. В зависимости от вида грибов стенки содержат разное соотношение хитина, хитозана, α - и β -гликанов, белков и целлюлозы. Циклодекстринглюканотрансфераза (ЦГТаза, ЕС 2.4.1.19) является уникальным многофункциональным ферментом, который катализирует разные типы реакций: циклизацию, связывание, диспропорционирование и гидролиз. ЦГТаза способна гидролизовать многие типы гликанов, являющихся компонентами клеточной стенки, поэтому ее активность более разнообразна по сравнению с другими ферментами, действующими преимущественно на определенный субстрат.

В исследованиях по определению гидролитической активности ЦГТ-активных штаммов по отношению к гликанам с разными гликозидными связями (α - и β -), использовали культуры микроорганизмов из коллекции УИБ УФИЦ РАН. Сравнение влияния ЦГТаз бактерий рода *Paenibacillus* по отношению к субстратам (крахмал (с α -1,4- и α -1,6-); глюкоманнан (с β -1,4- и β -1,6-); галактоманнан (с β -1,4- и α -1,6-); КМЦ (с β -1,4-) методом кластерного анализа позволило разделить их на две группы. Для первой группы, включающей ЦГТазы штаммов *P. ehimensis* IB-739 и *Paenibacillus* sp. IB-663, характерно увеличение в среднем в 1,5 раза гидролизующей активности фермента к крахмалу, чем к субстратам с β -1,4-связью. Для второй группы (ЦГТазы из *P. illinoisensis* IB-1087, *P. macerans* IB-I4) наблюдается обратная зависимость: гидролизующая активность ферментов по отношению к β -гликанам выше в 1,3-1,5 раза, чем к крахмалу, что может быть связано с их видовой принадлежностью. Таким образом, ЦГТазы первого кластера имеют большее сродство к α -гликанам, а второго – β -гликанам. Подобная избирательность ЦГТаз возможно связана со специфичностью самого фермента ЦГТазы, и как следствие, принадлежности продуцента к определенному виду рода *Paenibacillus*. Наибольшая противогрибная активность препарата ЦГТаз отмечена у *P. macerans* IB-I4, подавляющего рост *Rhizoctonia solani* и *Bipolaris sorokiniana*, а его бактериальные клетки препятствовали росту *Fusarium oxysporum*. Таким образом, сравнение и анализ гидролизующей активности ЦГТ-активных культур позволит создать биопрепарат с наибольшей фунгицидной активностью по отношению к определенным видам фитопатогенных грибов.

Ключевые слова: циклодекстринглюканотрансфераза; ЦГТаза; гликаны; гидролитическая активность; фитопатогенные микромицеты.

POTENTIAL USE OF CYCLODEXTRIN GLUCANOTRANSFERASES TO PROTECT CROPS FROM PHYTOPATHOGENIC MICROMYCETES

Milman P.Yu. *, Gilvanova E.A., Ryabova A.S.

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: cyclodextrin glucanotransferase; CGTase; glycans; hydrolytic activity; phytopathogenic micromycetes

ЭМБРИОГЕНЕЗ КАПУСТЫ ДЕКОРАТИВНОЙ (*BRASSICA OLERACEA* VAR. *ACEPHALA*) В КУЛЬТУРЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ МИКРОСПОР *IN VITRO*

Минейкина А.И.*, Домблидес Е.А., Бондарева Л.Л., Домблидес А.С.

ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО), Одинцово, Россия

*E-mail: anna-batmanova@mail.ru

Капуста декоративная (*Brassica oleracea* var. *acephala*) представляет собой двулетнюю культуру, обладающую экономической значимостью благодаря фенотипическому разнообразию окраски и форм листьев, используемых в декоративных целях садово-парковых хозяйств. Данный вид характеризуется преимущественно перекрестным типом опыления и выраженной гетерозиготностью, что существенно затрудняет получение генетически однородных линий и создание коммерческих F₁ гибридов традиционными методами селекции растений. Наиболее перспективной технологией преодоления указанных ограничений выступает культура изолированных микроспор *in vitro*, позволяющая получать чистые линии, необходимые для последующего создания гибридов первого поколения. Однако, её эффективное внедрение сдерживается воспроизводимостью полученных экспериментальных данных при различных внешних условиях и применительно к определенным генотипам. В наших исследованиях изучены и оптимизированы индуцирующие и влияющие на эмбриогенез факторы для трёх коммерческих генотипов капусты декоративной (907, 910-2, 911) японской селекции («Flowering kale», Takii seed). Нами опытным путем определены размеры бутонов, которые содержали микроспоры на оптимальной стадии развития для введения в культуру *in vitro*. Способность микроспор к формированию эмбриоидов, под воздействием стрессовых факторов, проявлялась при использовании бутонов, размеры которых находились в интервалах от 3,5 до 4,5 мм и от 4,6 до 5,5 мм. Кроме того, были изучены и оптимизированы условия, способствующие индукции эмбриогенеза. Было установлено влияние стресса в виде высокой температуры +32°C продолжительностью 48 часов в сочетании с различными значениями pH культуральной среды (5,8; 6,1; 6,4) на индукцию эмбриогенеза при переходе на спорофитный путь развития. Для высокоотзывчивого генотипа №910 наиболее оптимальной оказалась среда с pH 6,4, на которой был достигнут максимальный выход эмбриоидов 134,67±4,33 шт./чашку Петри. Для генотипов с низкой степенью отзывчивости статистической значимости между pH и выходом эмбриоидов не установлено. Так, генотип №907 отличался повышенной частотой образования эмбриоидов на питательных средах с pH 6,1 и 6,4. Полученные результаты представляют практический интерес и открывают новые перспективы для оптимизации и ускорения этапов селекции капусты декоративной.

Ключевые слова: капуста декоративная; культура изолированных микроспор; андрогенез; генотип; стадия развития микроспор.

EMBRYOGENESIS OF ORNAMENTAL CABBAGE (*BRASSICA OLERACEA* VAR. *ACEPHALA*) IN CULTURE OF ISOLATED MICROSPORES *IN VITRO*

Mineykina A.I.*, Domblides E.A., Bondareva L.L., Domblides A.S.

FSBSI «Federal Scientific Vegetable Center» (FSBSI FSVC)

Keywords: ornamental kale; isolated microspore culture; androgenesis; genotype; stage of microspore development

ФИТОЕН-ДЕСАТУРАЗА - МОДЕЛЬНЫЙ ГЕН В БИОТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Михайлова Е.В.^{1,2,3*}, Хуснутдинов Э.А.¹, Хакимова Л.Р.^{1,2}, Галимова А.А.¹,
Терехов М.П.², Суфьянова З.Р.^{1,3}, Сайфуллина К.И.²

¹ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

³ Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

*E-mail: mikhele@list.ru

Фитоен-десатураза (PDS) - консервативный фермент биосинтеза каротиноидов, который катализирует превращение фитоена в фитофлуен. Дисфункция PDS блокирует последующий синтез ликопина и пигментов, что приводит к деградации хлорофилла и побелению растительных тканей. Альбинизм не летален и не препятствует размножению растений. Таким образом, фитоен-десатураза является универсальным маркером, позволяющим тестировать на широком спектре видов различные подходы биоинженерии. Это особенно актуально для сельскохозяйственных растений, большинство из которых считаются сложно трансформируемыми.

Нокаут гена *PDS* с использованием геномного редактирования CRISPR/Cas приводит к появлению визуально различимых альбиносных фенотипов, что делает этот подход идеальным для тестирования новых CRISPR-систем, методов их доставки в растения и получения стабильных линий. Этот ген часто используется в качестве модельного для арабидопсиса, табака, томата, картофеля, перца, пшеницы, риса, и был успешно отредактирован у банана, сорго, клубники. Подбор гидовых РНК для геномного редактирования требует наличия аннотации гена и данных о количестве его копий, однако геномы многих культур недостаточно изучены. Так, этот ген ранее не был отредактирован у свеклы, сои, гороха, редьки, репы.

В рамках данного исследования впервые были подобраны гидовые РНК для редактирования гена *PDS* у свеклы и гороха. По два спейсера гидовых РНК были проклонированы в генно-инженерные конструкции для вирус-опосредованного геномного редактирования (VIGE) для проверки их эффективности *in planta* методом агроинфильтрации.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда No 24-76-10065, <https://rscf.ru/project/24-76-10065/>

Ключевые слова: CRISPR/Cas, VIGE, растительные вирусы, геномное редактирование.

PHYTOENE DESATURASE - A MODEL GENE IN PLANT BIOTECHNOLOGY

Mikhaylova E.V.^{1,2,3*}, Khusnutdinov E.A.¹, Khakimova L.R.^{1,2}, Galimova A.A.¹,
Terekhov M.P.², Sufyanova Z.R.^{1,3}, Saifullina K.I.²

¹ Institute of biochemistry and genetics, UFRC RAS, Ufa, Russia

² Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

³ Ufa university of science and technology, Ufa, Russia

Keywords: CRISPR/Cas, VIGE, plant viruses, genome editing

ОЦЕНКА ЗАПАСА УГЛЕРОДА ВОЗРАСТНЫХ ПОКОЛЕНИЙ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ВБЛИЗИ ВЕРХНЕГО ПРЕДЕЛА ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ

Михайлович А.П.^{1,2}, Фомин В.В.^{1*}, Агапитов Е.М.¹, Рогачев В.Е.¹

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

*E-mail: fominvv@m.usfeu.ru

На основе прямых данных о местоположении экземпляров лиственницы сибирской и измерений их биометрических параметров (диаметр у шейки корня (D_r), диаметры на высоте 1.3 м, высота ствола, радиус горизонтальной проекции кроны) на 9 круговых пробных площадях радиусом 11 м, заложенных в градиенте высоты местности и густоты деревьев на юго-восточном макросклоне горного массива Рай-Из (Полярный Урал). У всех взрослых деревьев керны древесины были взяты для определения возраста были взяты с использованием приростного бурава. Для определения возраста подроста и всходов были взяты образцы по ступеням высоты. Проведена аэрофотосъемка RGB-камерой сверхвысокого пространственного разрешения района исследований, площадь которого составила 7.3 км², с высоты 50 м и проведено ручное дешифрирование всех экземпляров лиственницы (88608 штук) и определение радиуса кроны каждого из них.

Разработана методика реконструкции возрастных поколений лиственницы сибирской с использованием среднего радиуса кроны (R_c) подроста и деревьев лиственницы. На основе данных возраста лиственницы были выделены три возрастных интервала: от 1 до 10 лет, от 11 до 40 лет и свыше 41 года. Было установлено, что распределение значений R_c для данных возрастных интервалов подчиняется закону Вейбулла. Это позволило оценить для каждого значения R_c вероятность принадлежности к каждому из возрастных диапазонов. Экземпляр с известным радиусом кроны относили к конкретному возрастному интервалу по наибольшему значению вероятности. Также на основе полученных данных была построена нелинейная регрессионная модель зависимости диаметра ствола у шейки корня от среднего радиуса кроны ($R^2=0.96$). Данное уравнение использовано для расчета диаметра стволов лиственницы у шейки корня. Значение D_r является входным параметром региональных аллометрических уравнений расчета надземной и подземной фитомассы лиственницы.

На основе результатов дешифрирования крон деревьев и перечисленных выше уравнений проведена количественная оценка запаса фитомассы (1355.199 тонн) и содержания углерода (677.599 тонн) в лиственнице сибирской всех 88 тыс. экземпляров, а также данные о распределении фитомассы и углерода для трех возрастных поколений. На возрастной интервал 1–10 лет приходится 0.13% от общей фитомассы и углерода соответственно, на интервал 11–40 лет – 6.50%, а вклад деревьев с возрастом старше 40 лет – 93.37%.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-24-00235).

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, реконструкция возрастных поколений, запас углерода, *Larix sibirica* Ledeb., Полярный Урал

CARBON STOCK ASSESSMENT IN SIBERIAN LARCH AGE-RELATED GENERATIONS IN THE AREA CLOSE TO THE UPPER LIMIT OF THEIR GROWTH IN THE POLAR URALS

Mikhailovich A.P.^{1,2}, Fomin V.V.^{1*}, Agapitov E.M.¹, Rogachev V.E.¹

¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

² Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

Keywords: unmanned aircraft systems, reconstruction of age generations, carbon stock, *Larix sibirica* Ledeb., Polar Urals

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СНЕГА В ЭКОТОНЕ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ

Михайлович А.П., Фомин В.В.*, Агапитов Е.М., Рогачев В.Е., Костоусова Е.А.,
Переходова Е.С., Коритняк Е.Б.

Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

*E-mail: fominvv@m.usfeu.ru

В районе исследований, который расположен на юго-восточном макросклон горного массива Рай-Из (Полярный Урал) были проведены измерения глубины снега в конце апреля 2024 года на четырех снегомерных профилях, расположенных по градиенту высоты. Снегомерные профили пересекают участки тундры с отдельно стоящими деревьями (сомкнутость крон до 9%), редин (10 – 25%), редколесий (26 – 60%) и лесов (сомкнутость крон 61% и выше). Снегомерные измерения также проведены на 8 пробных площадях, которые расположены на двух высотных профилях.

Основное направление преобладающих ветров совпадают с направлением снижения высоты местности. Это способствует переносу снега ветром с верхней не облесенной части макросклона к нижней облесенной. Медиальные значения глубины снежного покрова на верхнем участке склона в юго-западной части районе исследований, с хорошо выраженным мезорельефом, достоверно меньше в 2.6 – 2.9, чем в нижней, облесенной части склона. На северо-западном участке исследуемой территории, где мезорельеф менее выражен, эти отличия также достоверно, но менее выражены и лежат в интервале 1.1 – 2.3 раза. На верхних участках гряд и бугров глубина снега минимальная и, как правило, не превышает 20 см. На нижних, ветроударных участках бугров и гряд глубина снега, как правило, лежит в интервале 0.5 – 1.5 м, на заветренных участках, а также впадинах глубина снега достигает 1 – 2 м.

Деревья являются препятствием на пути переноса снега ветром. Это приводит к формированию снежного бугра или вала за препятствием. По результатам измерений на снегомерных профилях на пологих участках склона без хорошо выраженных возвышенностей и впадин расстояние от препятствия (деревьев) до максимальной высоты снежного вала (167 – 305 см) находится на расстоянии от 88 до 265 метров. Длина снежного вала от минимальных значений глубины снега (от 49 до 146 см) вблизи препятствия до следующих после максимума минимальных значений глубины снега (от 39 до 123 см) достигает значений 234 – 500 метров. На протяженность снежного вала и его максимальную мощность влияет как густота деревьев на участке, так и ветровые условия. Наиболее протяженный снежный вал в 500 м был сформирован на снегомерном профиле, расположенном на наиболее продуваемом участке напротив своеобразных «ворот» между горами Черная и Малая Черная. При этом переход от тундры с отдельно стоящими деревьями к лесу на данном снегомерном профиле является более протяженным по сравнению с другими профилями.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-24-00235).

Ключевые слова: распределение снега, рельеф, ветер, *Larix sibirica* Ledeb., Полярный Урал

PATTERNS OF SNOW DISTRIBUTION IN THE TREELINE ECOTONE IN THE POLAR URALS

Mikhailovoch A.P., Fomin V.V.*, Agapitov E.M., Rogachev V.E., Kostousova E.A.,
Perekhodova E.S., Koritnyak E.B.

Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

Keywords: snow distribution, topography, wind, *Larix sibirica* Ledeb., Polar Urals

КАНЫКАЕВСКАЯ СТЕПЬ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ КОМПЛЕКСНЫЙ ЗАКАЗНИК В БАШКИРСКОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

Мулдашев А.А., Маслова Н.В., Елизарьева О.А.*

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: herbary-ib-ufa@mail.ru

Степная растительность в Башкирском Предуралье, которая занимает более 60 % территории Республики Башкортостан (РБ), вследствие длительного хозяйственного использования является наиболее фрагментированным типом растительности и в то же время наименее охраняемым. Трансформированные в той или иной степени степные сообщества (часто залежи) нашли охрану лишь в двух природных парках «Аслы-Куль» и «Кандры-Куль», нескольких заказниках и памятниках природы. В то время как большинство крупных ООПТ (3 заповедника, 4 парка и пр.) находятся на Южном Урале, занимающем лишь около 30 % территории РБ (Реестр..., 2010, 2020). При разработке научного проекта «Система охраняемых природных территорий Республики Башкортостан» («СОПТ РБ»), который был утвержден постановлением Правительства РБ от 1.09.2003 № 209, авторами особое внимание уделялось инвентаризации степных или лесостепных комплексов, сохранившихся в относительно естественном состоянии, с разработкой рекомендаций по их охране и рациональному использованию. Они представляют интерес не только как очаги большого ценотического и биологического разнообразия, но и как важнейшие функциональные элементы экологического каркаса региона, играющие важную роль в восстановлении и поддержании естественного баланса окружающей среды. В проекте «СОПТ РБ» по предварительным полевым и картографическим материалам эти территории были предложены большей частью как перспективные малые ООПТ (Система..., 2004).

В проекте «СОПТ РБ» одним из наиболее ценных объектов охраны является «Каныкаевская степь» в Бижбулякском р-не в окр. с. Каныкаево, предлагаемый в статусе комплексного заказника (1395 га) (Система..., 2004). Эта территория уникальна тем, что она характеризуется большим ландшафтным и экотонным разнообразием, наиболее крупными среди которых являются пойменные комплексы по берегам р. Дема (луга, уремные леса, старично-болотные угодья и пр.) и лесостепные комплексы по ее левому гористому берегу (луговые и каменистые степи, степные колки и пр.). Предварительные полевые обследования выявили большую концентрацию редких видов растений, включенных в Красную книгу РБ (2021). На засоленных пойменных лугах встречаются крупные популяции *Fritillaria meleagroides* Patr. ex Schult. et Schult. f., *Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. f. и *Orchis militaris* L. По опушкам пойменных лесов произрастают *Gladiolus tenuis* Bieb. и *Teucrium scordium* L. В степных сообществах наиболее интересными редкими видами являются *Iris pumila* L., *Astragalus cornutus* Pall., ряд видов рода *Stipa* L.

К сожалению, реализация проекта «СОПТ РБ» по степным объектам идет крайне медленно, при этом, нередко наблюдается их деградация уже из-за отсутствия хозяйственного использования: олуговение, облесение степей и зарастание их кустарниками. Поэтому представляется целесообразным скорейшее проектирование и учреждение заказника «Каныкаевская степь», которому должно предшествовать всестороннее и комплексное обследование всех природных комплексов данной территории.

Ключевые слова: охрана; заказник; Красная книга; Башкирское Предуралье.

KANYKAEVSKAYA STEPPE – A PERSPECTIVE COMPLEX NATURE RESERVE IN THE BASHKIR CIS-URALS

Muldashev A.A., Maslova N.V., Elizaryeva O.A.*

Ufa Institute of Biology of the UFRS of the RAS, Ufa, Russia

Keywords: protection; nature reserve; Red Data Book; Bashkir Cis-Urals

О ФЛОРЕ И РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «БОЛОТО СЕРИККУЛЬ» (БАШКИРСКОЕ ЗАУРАЛЬЕ)

Мулдашев А.А., Ишбулатов М.К.*, Баишева Э.З.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: murat.ishbulatov.98@bk.ru

Комплексный памятник природы «Болото Сериккуль» (44,56 га) находится в Абзелиловском районе Республики Башкортостан (РБ), в 6,2 км на ЮЗ от д. Халилово, в межгорной котловине, которая ограничена с запада горой Элькейтау, а на востоке – хребтом Улугуртау. Согласно физико-географическому районированию РБ, район исследования расположен в пределах Приирендыкского района Уртазымско-Узункульского округа горно-лесостепной провинции Восточной Башкирии (части страны Уральских гор и пенепленов) [Кадильников и др. 1964]. Основную часть территории занимает лесное болото, образовавшееся в результате зарастания озера Сериккуль. Питание болота осуществляется за счет поверхностного стока со склонов гор, грунтовых вод. По болоту протекает ручей, который берет начало из родника в 150 м от северо-западного края. Торфяная залежь постепенно увеличивается от 90 см в 50 м от юго-западного края болота до 180 см в центральной части.

Растительный покров представлен заболоченными черноольховыми лесами (*Alnus glutinosa*) с примесью березы пушистой (*Betula pubescens*). Среднее проективное покрытие древесного яруса 70%, кустарникового яруса – 20%, травяного яруса – 55%. Кустарниковый ярус сформирован *Frangula alnus*, *Rubus idaeus*, *Salix cinerea*, *S. myrsinifolia*. В травяном ярусе высокое обилие имеют *Carex juncella*, *Naumburgia thyrsoflora*, *Phragmites australis*. Моховой покров разреженный (1–5%), сформирован *Aulacomnium palustre*, *Brachythecium mildeanum*, *Calliergon cordifolium*, *Calliergonella cuspidata*, *Pseudobryum cinclidioides*.

На территории памятника природы выявлено 56 видов сосудистых растений и 26 видов мохообразных. Ведущие семейства во флоре сосудистых растений: Asteraceae (5 видов), Cyperaceae (5), Rosaceae (4), Salicaceae (4); во флоре мохообразных: Amblystegiaceae (4), Lophocoleaceae (4), Mniaceae (4). На болоте встречается редкий вид, включенный в Красную книгу РБ (2021) – *Gentianopsis barbata*, а также виды из Приложения II Красной книги РБ (2021): *Salix pyrolifolia* и *Saussurea parviflora* (в РБ являются плейстоценовыми реликтами южно-сибирского происхождения и нуждаются в особом внимании к их состоянию в природной среде и мониторинге). Выявлены изолированные популяции видов, характерных для лесов бореальной и неморальной зон (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris carthusiana*, *D. cristata*, *Thelypteris palustris* и *Trientalis europaea*). По всей видимости, местонахождения данных видов в лесостепной зоне являются реликтовыми.

Памятник природы «Болото Сериккуль» имеет важное природоохранное значение, а также представляет значительный интерес для мониторинга болотных комплексов лесостепной зоны в условиях изменения климата.

Исследование выполнено в рамках государственного задания УИБ УФИЦ РАН № 123020800001-5.

Ключевые слова: флора болот; растительные сообщества; черноольховые леса; памятники природы; Башкирское Зауралье.

ON THE FLORA AND VEGETATION OF THE NATURAL MONUMENT «SERIKKUL MIRE» (THE BASHKIR TRANS-URALS)

Muldashev A.A., Ishbulatov M.K.*, Baisheva E.Z.

Ufa Institute of Biology, UFRC RAS, Ufa, Russia

Key words: flora of mires; plant communities; black alder forests; natural monuments; the Bashkir Trans-Urals

РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ *MICRODOCHIUM NIVALE* К КАРБЕНДАЗИМУ – ДЕЙСТВУЮЩЕМУ ВЕЩЕСТВУ ФУНГИЦИДОВ

Мурзагулова Г.Ш. ^{1*}, Гоголева О.А. ¹, Рязанов Е.А. ^{1,2}, Шатравина К.А. ¹, Тендюк Н.В. ¹,
Сахабутдинов И.Т. ¹, Пономарев С.Н. ¹, Частухина И.Б. ¹, Макшакова О.Н. ¹, Пономарева М.Л. ¹,
Горшков В.Ю. ^{1,2}

¹ Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

² Казанский (Приволжский) Федеральный университет, Казань, Россия

*E-mail: murzagulova196@gmail.com

Обработка фунгицидами – наиболее распространённый метод борьбы с заболеваниями растений, вызываемыми фитопатогенными грибами. Однако многие фитопатогенные грибы приобретают устойчивость к фунгицидам. Решение этой важной для сельского хозяйства проблемы требует комплексного изучения устойчивости фитопатогенных грибов к фунгицидам. Особенно остро проблема фунгицид-резистентности стоит в отношении возбудителя розовой снежной плесени *Microdochium nivale*. Из-за того, что это заболевание в основном развивается под снежным покровом, внесение фунгицидов для подавления развития снежной плесени возможно только в превентивной форме, и список применяемых против этого заболевания фунгицидов ограничен. Все это служит дополнительным стимулом для формирования фунгицид-резистентности *M. nivale*.

Целью нашего исследования была оценка распространённости в популяциях *M. nivale* устойчивости к одному из наиболее широко используемых фунгицидов — карбендазиму, а также анализ возможных связей между устойчивостью к карбендазиму и физиологическими и молекулярно-генетическими признаками.

Нами проанализирована устойчивость 132 штаммов *M. nivale*, выделенных с территории Республики Татарстан, к карбендазиму. Показано, что устойчивость к карбендазиму широко распространена в популяциях *M. nivale*, и что применение карбендазима увеличивает долю карбендазим-устойчивых штаммов в популяции. Тем не менее, устойчивые к карбендазиму штаммы присутствуют в популяциях, которые никогда не подвергались действию фунгицидов. Взаимосвязи между устойчивостью к карбендазиму и вирулентностью штаммов *M. nivale* не обнаружено.

Показано, что устойчивость к карбендазиму у штаммов *M. nivale* тесно связана с вариантом последовательности гена β -тубулина. Варианты последовательности, в которых кодоны № 198 кодируют аланин или лизин, характерны для карбендазим-устойчивых штаммов, а варианты последовательности, в которых кодоны № 198 кодируют глутаминовую кислоту – только для карбендазим-чувствительных штаммов. С помощью молекулярного докинга нами показано, что соответствующие варианты белка β -тубулина имеют разное сродство к карбендазиму. Это, в свою очередь, объясняет механизм, лежащих в основе устойчивости штаммов *M. nivale* к карбендазиму, а именно – закрепление мутаций, которые приводят к снижению сродства карбендазима к β -тубулину. Обнаруженный нами генетический маркер может быть использован для оценки соотношения устойчивых и чувствительных к карбендазиму штаммов *M. nivale* в агроценозах. Подобная оценка проведена и в нашем исследовании с использованием метабаркодирования на основе высокопроизводительного секвенирования. Результаты этой оценки позволили подтвердить, что использование карбендазима в качестве средства защиты растений приводит к увеличению доли генотипов этого гриба, характеризующихся устойчивостью к этому фунгициду.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-16-00086 и госзадания ФИЦ КазНЦ РАН.

Ключевые слова: устойчивость к фунгицидам; *Microdochium nivale*; озимые зерновые культуры; вирулентность; инфекционные заболевания растений

RESISTANCE OF THE PHYTOPATHOGENIC FUNGUS *MICRODOCHIUM NIVALE* TO CARBENDAZIM – THE ACTIVE INGREDIENT OF FUNGICIDES

Murzagulova G.Sh. ^{1*}, Gogoleva O.A. ¹, Ryazanov E.A. ^{1,2}, Shatravina K.A. ¹, Tendyuk N.V. ¹,
Sakhabutdinov I.T. ¹, Ponomarev S.N. ¹, Chastukhina I.B. ¹, Makshakova O.N. ¹, Ponomareva M.L. ¹,
Gorshkov V.Yu. ^{1,2}

¹ Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia

² Institute of Fundamental Medicine and Biology, Kazan Federal University, Kazan, Russia

Keywords: fungicide resistance; *Microdochium nivale*; winter cereal crops; virulence; plant infectious diseases

БИОРАЗНООБРАЗИЕ НАЗЕМНЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ ГОРЫ БОЛЬШОЙ ИРЕМЕЛЬ И ИХ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

Муфазалова А.С.^{1*}, Хилажетдинова Л.Б.¹, Мухаметьярова А.И.¹, Суханова Н.В.¹, Гайсина Л.А.^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы»

² ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии»

E-mail: alfi.mufazalova@mail.ru

Наземные водоросли и цианобактерии – важные компоненты горных экосистем, участвующие в почвообразовании, азотфиксации и поддержании экологического баланса. Гора Большой Иремель (1582 м) – малоизученный объект с уникальной альгофлорой, требующий детального исследования биоразнообразия с целью его охраны и оценки перспектив использования в биотехнологии.

Материалом для работы послужили 35 почвенных проб, отобранных в октябре 2023 года на горе Большой Иремель с учетом вертикальной поясности. Для определения видового состава альгофлоры использовали традиционные почвенно-альгологические методы.

В ходе исследований было обнаружено 44 вида, относящихся к 4 отделам: Cyanobacteria – 6, Chlorophyta – 22 (Chlorophyceae – 11, Trebouxiophyceae – 11), Ochrophyta – 13 (Bacillariophyceae – 8, Xanthophyceae – 4, Eustigmatophyceae – 1), Streptophyta – 3 вида.

Альгофлора исследованного района характеризовалась относительно небольшим видовым разнообразием, что, вероятно, связано с суровыми условиями. На исследованной территории были обнаружены виды, характеризующиеся повсеместным распространением – *Bracteacoccus minor*, *Coelastrella terrestris*, *Hantzschia amphioxys*, *Klebsormidium flaccidum*, *Microcoleus vaginatus*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Vischeria magna*. Однако наряду с широко распространенными видами, нами были обнаружены и достаточно редко встречающиеся, например, *Pseudanabaena papillateterminata*. Диатомовые водоросли были представлены космополитичными видами, такими как *Luticola mutica*, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia palea*, которые часто встречаются в наземных экосистемах. Особый интерес вызывает находка вида *Meridion circulre* – редкого вида, обитающего во влажных местообитаниях. Встречались и представители желтозеленых водорослей *Bumilleria sicula* и *Tribonema viride*, что является показателем экологической чистоты исследованного местообитания.

Следует отметить, что многие штаммы водорослей и цианобактерий могут использоваться в биотехнологии. К числу таких видов относятся космополиты *Coelastrella terrestris*, *Klebsormidium flaccidum*, *Pseudococcomyxa simplex*, *Vischeria magna*, способные стимулировать рост и развитие сельскохозяйственных растений.

Таким образом, альгофлора горы Иремель характеризуется преобладанием устойчивых видов с широким географическим распространением и имеющих большой потенциал для использования в биотехнологии.

Исследования выполнены при поддержке Российского Научного Фонда (проект №25-24-00481).

Ключевые слова: альгофлора, космополиты, высотная поясность, *Coelastrella terrestris*, *Klebsormidium flaccidum*.

BIODIVERSITY OF TERRESTRIAL ALGAE AND CYANOBACTERIA OF THE BOLSHOY IREMEL MOUNTAINS AND THEIR BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL

Mufazalova A.S.^{1*}, Hilazhetdinova L.B.¹, Mukhametyarova A.I.¹, Sukhanova N.V.¹, Gaysina L.A.^{1,2}

¹ Akmuulla Bashkir State Pedagogical University

² All-Russian Research Institute of Phytopathology

Keywords: algoflora, cosmopolitans, high altitude zone, *Coelastrella terrestris*, *Klebsormidium flaccidum*

ВЛИЯНИЕ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ В ПРИСУТСТВИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ

Мухаматдырова С.Р.*, Кузина Е.В., Рафикова Г.Ф., Искужина М.Г., Кульбаева Л.А., Коршунова Т.Ю.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: svetrm83@gmail.com

Загрязнение почвы нефтью носит комплексный характер, что затрудняет ее процессы самоочищения. Тяжелые металлы, такие как медь, никель, поступая в почву в результате техногенной деятельности, в том числе нефтедобычи, могут значительно превышать фоновые значения и ПДК и изменять ее химический состав, снижать биологическую активность, что может привести к ее деградации. Фиторемедиация является экологически безопасным, экономически целесообразным, перспективным методом очистки и восстановления нефтезагрязненных территорий.

В данной работе исследована способность растений ячменя к снижению фитотоксичности и восстановлению биологической активности почвы, загрязненной нефтью в количестве 2% и/или тяжелыми металлами (Cu^{2+} и Ni^{2+} в концентрациях 660 мг/кг и 400 мг/кг соответственно).

Трехсуточные проростки ячменя помещали по 6 шт. в сосуды с почвой. Растения выращивали 21 сут в условиях светоплощадки. Бактеризацию почвы осуществляли в начале эксперимента из расчета 10^6 КОЕ/г почвы.

На 21 сут под посевами ячменя каталазная активность почвы, в значительной степени угнетаемая различными видами комбинированного загрязнения, увеличилась на 27-30%, уреазная активность, ингибируемая монозагрязнителем Cu^{2+} , повысилась на 18%, а при совместном присутствии нефти и Cu^{2+} – на 56%, фосфатазная активность при том же сочетанном загрязнении – на 16% по сравнению с почвой без биорекультивации. В ризосфере ячменя в зависимости от вида загрязнения увеличилась численность всех учитываемых эколого-трофических групп микроорганизмов: гетеротрофных – в 1,6-4,6, олигонитрофильных – в 1,2-6,6, углеводородокисляющих – в 1,2-7,2 раза. Использование фиторемедианта ускорило биodeградацию углеводородов в нефтезагрязненной почве, в том числе в присутствии тяжелых металлов на 29-37%.

В конце эксперимента наибольшая степень фитотоксичности почвы отмечена в варианте без фиторемедиации при воздействии на нее меди и ее сочетания с нефтью (мало- и умеренно токсичная соответственно), под посевами ячменя фитотоксический эффект уменьшился на 13 и 20% соответственно.

Работа выполнена в рамках темы Госзадания УФИЦ РАН № 122031100163-4.

Ключевые слова: нефтезагрязненная почва; медь; никель; фиторемедиация; ячмень.

INFLUENCE OF MICROBIAL-PLANT ASSOCIATION ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF OIL-POLLUTED SOIL IN THE PRESENCE OF ADDITIONAL POLLUTANTS

Mukhamatdyarova S.R.*, Kuzina E.W., Rafikova G.F., Iskuzhina M.G., Kulbaeva L.A., Korshunova T.Y.

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Key words: oil-contaminated soil; copper; nickel; phytoremediation; barley

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ *HELIANTHUS ANNUUS* L. МЕТОДОМ ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА

Назарова Н.М.*, Федорова Д.Г.

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

*E-mail: nazarova-1989@yandex.ru

Растения реагируют на засуху путем адаптации физиологических механизмов. Осмотический стресс – это физический стимул, который вызывает у растительных объектов каскад изменений на клеточном уровне. Осмопрайминг – это метод моделирования дефицита увлажнения, позволяющий с помощью растворов-осмотиков (сахароза, ПЭГ) создать почвенную засуху. Проведенный нами эксперимент основан на лабораторном проращивании семян в растворе сахарозы с последующей оценкой ростовых показателей проростков. Лабораторное исследование наиболее приоритетно, т.к. имеет большую эффективность по сравнению с полевыми исследованиями, в которых невозможно создать постоянные условия. Подобные исследования проводились на важнейших продовольственных культурах: ячмень, овес и др., однако данные о влиянии осмостресса на ранние этапы онтогенеза подсолнечника в литературе отсутствуют. Нами заложено 6 вариантов опытов по проращиванию семян в растворах сахарозы с концентрацией 1,4% ($P = 1$ атм); 4,4% ($P = 3$ атм); 7,4% ($P = 5$ атм); 10,5% ($P = 8$ атм); 16,6% ($P = 12$ атм) и дистиллированной водой (контроль). Исследование проведено в рамках двух последовательных этапов, направленных, во-первых, на оценку всхожести и энергии прорастания семян, во-вторых – анализ депрессии ростовых процессов при усилении засухи. Установлено, что контрольный вариант опыта имеет лучшие показатели по всхожести и энергии прорастания семян – 93 и 80 % соответственно. Аналогичные контролю показатели регистрируются у образцов, которые проращивались в растворе с концентрацией сахарозы 1,4%. Однако осмотическое давление в 1 атм оказывает раннее стрессирующее действие на семена, незначительно снижая их энергию прорастания в сравнении с контролем. Установлено, что энергия прорастания семян в контроле и с $P = 1$ атм достоверно выше ($p < 0,05$), чем в растворах 8 и 12 атм. При проращивании в растворе сахарозы 10,5% отмечается наиболее широкий размах вариации по признакам «Энергия прорастания семян» ($C_v = 88\%$) и «Всхожесть» ($C_v = 35\%$). Данная концентрация раствора-осмотика обеспечивает лучшую дифференциацию семян «*Helianthus annuus* L., сорт 'Посейдон 625'» по степени их прорастания в условиях дефицита увлажнения. Установлено, что незначительное влияние на ростовые показатели проростков оказывает раствор сахарозы концентрацией 1,4%. При увеличении осмотического стресса энергия прорастания, всхожесть и интенсивность роста проростков достоверно снижаются ($p < 0,05$) и практически полностью ингибируются в варианте опыта с раствором сахарозы 16,6% (12 атм).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10060 (<https://rscf.ru/project/23-76-10060/>).

Ключевые слова: *Helianthus annuus* L.; осмотический стресс; сахароза.

DETERMINATION OF THE DROUGHT RESISTANCE OF *HELIANTHUS* *ANNUUS* L. BY THE METHOD OF OSMOTIC STRESS

Nazarova N.M.*, Fedorova D.G.

Orenburg State University, Orenburg, Russia

Keywords: *Helianthus annuus* L.; osmotic stress; sucrose

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПЛЕНOK НА ПОВЕРХНОСТИ НЕФЕЛИНОВЫХ ПЕСКОВ – ОТХОДОВ ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Невзорова Ю.В.¹, Давыдов Д.А.²

¹ Институт проблем промышленности Севера - обособленное подразделение ФИЦ Кольский научный центр РАН, Апатиты, Россия.

² Полярно-альпийский ботанический сад-институт им. Н. А. Аврорина - обособленное подразделение ФИЦ Кольский научный центр РАН, Апатиты, Россия

*E-mail: junevzorova@mail.ru

Пыление отвалов горнодобывающих и перерабатывающих предприятий в Мурманской области является значительным источником экологического загрязнения. В качестве эффективного метода борьбы с пылением рассматривается формирование биологических почвенных корок (биокорок), которые стабилизируют поверхность отвалов за счет жизнедеятельности цианобактерий, водорослей, грибов и мхов. Эти организмы выделяют экзополисахариды, связывающие частицы субстрата, а также обогащают субстрат органикой и азотом.

В данном исследовании оценивался потенциал штамма цианобактерий *Nostoc* sp. LK-20-1 из коллекции культур Полярно-альпийского ботанического сада-института для решения двух взаимосвязанных задач: предотвращения пыления нефелиновых шламов и устойчивости биокорок к загрязнению тяжелыми металлами, характерному для промышленных отвалов. В качестве модельного загрязнителя использовался сульфат меди в концентрации от 2 до 10 мг/л, поскольку медь является типичным компонентом выбросов горно-металлургических предприятий Мурманской области. Результаты показали, что добавление раствора медного купороса не оказывает статистически значимого ингибирующего действия на рост *Nostoc* sp. LK-20-1 – напротив, наблюдалось активное разрастание биомассы, что свидетельствует о высокой устойчивости штамма к данному уровню загрязнения. За месяц роста с периодическим увлажнением песка штамм покрывал до 42% чашки Петри. При этом содержание хлорофилла *a* в песке достигло в среднем 5,4 мкг/г, а разница между положительным контролем (0 мг/г Cu) и пробой с медью на уровне 10 мг/л не превышала 1%. Исследование ферментативной активности выявило, что наибольшую активность проявляет щелочная фосфатаза (1,6 мг фенолфталеина/1 г при загрязнении на уровне 10 мг/л), в то время как активность кислой пренебрежительно мала.

Таким образом, *Nostoc* sp. LK-20-1 демонстрирует значительный потенциал для применения в рекультивации промышленных отвалов благодаря своей устойчивости к тяжелым металлам, способности формировать стабильные биокорки и сохранять метаболическую активность в стрессовых условиях.

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 25-14-20011.

Ключевые слова: устойчивость к тяжелым металлам, рекультивация отвалов, биологические почвенные корки

FORMATION OF CYANOBACTERIAL FILMS ON THE SURFACE OF NEPHELINE SANDS - A WASTE FROM MINING PRODUCTION

Nevzorova Yu.V.¹, Davydov D.A.²

¹ Institute of North Ecological Problems of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

² Polar-Alpine Botanical Garden-Institute of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia

Keywords: heavy metal resistance, dump reclamation, biological soil crusts

ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИЙ В КАЧЕСТВЕ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ КОНВЕРСИИ АМИНОКИСЛОТ-ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ В ДИАМИНЫ

Нестерова Л.Ю., Ахова А.В. *, Сагидуллина В.И., Абрамова В.А., Ткаченко А.Г.

Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, Пермь, Россия

*E-mail: akhovan@mail.ru

Диамины применяют в качестве компонентов для синтеза полиамидов. Востребованные диамины 1,5-диаминопентан (кадаверин) и 1,4-диаминобутан (путресцин) могут быть синтезированы бактериями в результате декарбоксилирования лизина и орнитина/аргинина соответственно. Получение диаминов из возобновляемого биологического сырья с применением биотехнологий вместо химического синтеза из продуктов нефтехимии позволило бы решить актуальные проблемы загрязнения окружающей среды и истощения невозобновляемых ресурсов.

Цель работы – изучить возможность применения природных изолятов *Escherichia coli* в качестве биокатализаторов конверсии аминокислот-предшественников в диамины.

Бактерии культивировали в бульоне LB и минимальной среде M9 с добавкой 0,4% глюкозы и 1-5 г/л аминокислоты-предшественника. Количественный анализ полиаминов проводили методом тонкослойной хроматографии с предварительной дериватизацией дансилхлоридом. Аминоацилдекарбоксилазную активность определяли в грубом клеточном экстракте.

Исследована способность 350 изолятов *E. coli* декарбоксилировать лизин, орнитин и аргинин, а также продуцировать путресцин, кадаверин, спермидин и 1,3-диаминопропан. Выделены культуры, способные продуцировать 3,5 мМ путресцина в результате декарбоксилирования орнитина и 5 мМ путресцина за счет декарбоксилирования аргинина, а также более 5,5 мМ кадаверина за счет декарбоксилирования лизина, что значительно превышало продукцию полиаминов коллекционным штаммом *E. coli* K12 в исследованных условиях (0,3, 0,03 и 3 мМ соответственно). Подобраны условия, обеспечивающие 100 % конверсии орнитина в путресцин со скоростью 1 мкМ/ч с применением выделенных изолятов. Подобраны условия, позволяющие получить до 0,3 М кадаверина за счет декарбоксилирования лизина, а также условия, обеспечивающие 100 % конверсии субстрата, с применением выделенных изолятов. Показана возможность повторного использования полученных цельноклеточных биокатализаторов с сохранением 100 % активности после четырех последовательных циклов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда и Правительства Пермского края (проект №25-24-20140).

Ключевые слова: путресцин; кадаверин; агматин; декарбоксилаза; биополиамиды.

BACTERIA AS BIOCATALYSTS FOR THE CONVERSION OF AMINO ACID PRECURSORS INTO DIAMINES

Nesterova L.Y., Akhova A.V.*, Sagidullina V.I., Abramova V.A., Tkachenko A.G.

Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS, Perm Federal Research Center UB RAS, Perm, Russia

Key words: putrescine; cadaverine; agmatine; decarboxylase; biopolyamides

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЗАЛЕЖНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Низамутдинов Т.И. *, Абакумов Е.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: t.nizamutdinov@spbu.ru

Исследовали содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Pb и Cd) в хроносериальном ряду почв залежей разного возраста (от 0 до 25 лет) в окрестностях г. Салехарда. Экотоксикологическое состояние агротрансформированных почв оценивалось с помощью следующих индексов качества почв: Igeo – индекс геоаккумуляции; PLI – индекс суммарного загрязнения; RI – потенциальный экологический риск.

Было установлено, что средние концентрации элементов ($n = 21$) составляли: Zn - $14,7 \pm 4,9$; Ni - $7,6 \pm 1,4$; Cu - $3,88 \pm 1,5$; Pb - $4,5 \pm 1,5$; и Cd - $0,33 \pm 0,05$ мг/кг, эти значения существенно ниже, по сравнению с фоновыми, не нарушенными, почвами в окрестностях города Салехард. Выявлено, что концентрации Zn ($R^2 = 0,49$), Ni ($R^2 = 0,44$), Cu ($R^2 = 0,49$) и Pb ($R^2 = 0,31$) демонстрируют линейную тенденцию к увеличению в зависимости от возраста залежей, в то время как концентрации Cd остаются стабильно низкими во всех исследованных почвах ($R^2 = 0,008$). Расчеты показали, что среднее значение индекса Igeo для всех элементов является отрицательным. Таким образом, можно сказать, что содержание исследуемых элементов ниже фоновых значений и почва не загрязнена; однако стоит отметить, что наблюдается тенденция к увеличению значений Igeo для Zn ($R^2 = 0,55$), Ni ($R^2 = 0,41$), Pb ($R^2 = 0,23$) и Cu ($R^2 = 0,52$) в хроносериальном ряду залежей. Средние значения индекса RI = $46,2 \pm 3,4$ (CV 23,0%) и PLI = $0,63 \pm 0,14$ (CV 7,4 %) указывают на благоприятное экотоксикологическое состояние исследуемых почв.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 24-44-00006.

Ключевые слова: Ямал; Арктика; тяжелые металлы; залежи.

ECOTOXICOLOGICAL CONDITION OF SOILS OF AGRICULTURAL LANDS WITH VARIOUS AGES OF ABANDONMENT IN THE TERRITORY OF THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS OKRUG

Nizamutdinov T.I.*, Abakumov E.V.

Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Keywords: Yamal; Arctic; heavy metals; abandoned soils

РОЛЬ МИКРОРНК-408 В ИНДУКЦИИ СИСТЕМНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) К ПАТОГЕНУ *STAGONOSPORA NODORUM* (BERK.)

Нужная Т.В.^{1,2*}, Веселова С.В.¹, Бурханова Г.Ф.¹, Максимов И.В.¹

¹ Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского Федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

² Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

*E-mail: tanyawww89@mail.ru

Одним из важнейших направлений исследований в последние годы становится исследование механизма РНК-интерференции (РНКи) и применение малых РНК в защите растений от патогенов. В рамках данного исследования изучалась возможность консервативной микроРНК-408 пшеницы регулировать защитные гормональные пути растений, проникать в патоген *Stagonospora nodorum* и снижать его вирулентность. С этой целью были созданы и синтезированы двуцепочечные РНК408 (дцРНК408). Основными факторами вирулентности *S. nodorum*, возбудителя септориоза пшеницы, являются некротрофные эффекторы (НЭ), кодируемые генами *SnTox*. Их экспрессия регулируется недавно обнаруженными транскрипционными факторами (ТФ) гриба.

В данной работе исследован изолят *S. nodorum* SnB, продуцирующий НЭ SnTox3. Этот эффектор воздействует на этиленовый сигнальный путь, подавляя накопление активных форм кислорода и одновременно угнетая салицилат-зависимый сигнальный путь (СК), который играет ключевую роль в формировании устойчивости растений к данному изоляту патогена.

Результаты нашего исследования показали, что при заражении изолятом *S. nodorum* (SnB) уровень экспрессии микроРНК408 увеличивался у устойчивого сорта пшеницы, но снижался у восприимчивого сорта. Обработка растений дцРНК408 усиливала их устойчивость к SnB, подавляя рост и развитие патогена. При этом активировались гены СК-сигнального пути, а экспрессия генов этиленового пути угнеталась. Впервые было обнаружено, что дцРНК408 может проникать в мицелий *S. nodorum* и ингибировать экспрессию ряда генов НЭ и грибных транскрипционных факторов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00266.

Ключевые слова: микроРНК, РНК интерференция, *Triticum aestivum*, *Stagonospora nodorum*, фитогормоны, некротрофные эффекторы, сигнальные системы

THE ROLE OF MICRORNA-408 IN INDUCING SYSTEMIC RESISTANCE OF WHEAT PLANTS (*TRITICUM AESTIVUM* L.) TO THE PATHOGEN *STAGONOSPORA NODORUM* (BERK.)

Nuzhnaya T.V.^{1,2*}, Veselova S.V.¹, Burkhanova G.F.¹, Maksimov I.V.¹

¹ Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

² Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: microRNA, RNA interference, *Triticum aestivum*, *Stagonospora nodorum*, phytohormones, necrotrophic effectors, signaling systems

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА *TRITICUM AESTIVUM* С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Овчаренко Н.В.*, Кошиц Т.О., Прохорчик П.О., Мацкевич В.С., Муравицкая А.О.,
Пшибытко Н.Л., Соколик А.И.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

*E-mail: nikit123hg@gmail.com

Загрязнение почв тяжелыми металлами, в том числе медью и марганцем является одной из важных проблем сельского хозяйства, поскольку нарушает целый ряд физиологических процессов у растений и снижает урожайность сельскохозяйственных культур. Гиперспектральная визуализация, объединяющая спектроскопию и цифровую съемку для формирования трёхмерного массива, состоящего из значений яркостей пикселей. Метод позволяет анализировать физиологическое состояние растений и выявлять стрессовые реакции. В данной работе была протестирована возможность применения цифрового фенотипирования для раннего выявления стрессовых реакций проростков *Triticum aestivum* при воздействии редокс-активных тяжелых металлов Mn^{2+} и Cu^{2+} . Растения выращивались рулонным методом в контролируемых условиях (температура 22°C, 250 мкмоль квантов $m^{-2} s^{-1}$, фотопериод 16/8 ч) на 10 % растворе Мурашиге и Скуга, содержащем 0.03 мМ, 0.1 мМ, 0.3 мМ, 1 мМ, 3 мМ и 10 мМ. Mn^{2+} и Cu^{2+} . Гиперспектральная съемка растений выполнялась на 5-й, 7-й и 10-й день после прорастания семян с использованием камеры Muses9-HS (Spectricon). На основании визуализации спектров отражения листовых пластинок формировались гиперспектральные кубы и рассчитывались спектральные индексы NDVI, EVI, NDWI, Chlorophyll Index, MCARI, PRI, SIPI, TVI, ARE, NORE. Обработка данных проводилась с помощью языка программирования Python и методов машинного обучения. Данные агрегировались по возрасту растений и концентрациям металлов. Статистический анализ (ANOVA) показал, что наибольшее влияние на спектральные характеристики растений (NDVI, EVI, NDWI, Chlorophyll Index) оказывала продолжительность воздействия, природа металла влияла в меньшей степени. Для классификации данных использовались методы машинного обучения. Модель на базе 1D свёрточной нейронной сети с параллельной архитектурой (ядра 3 и 5, BatchNormalization, MaxPooling, GlobalAveragePooling и L2-регуляризация) показала точность 82% при классификации по типу металла и успешно различала спектральные паттерны, соответствующие различным концентрациям. Сеть выявляла признаки, позволяющие судить о степени загрязнения по спектральному профилю, что подтверждает её применимость как для бинарной (есть/нет загрязнение), так и для мультиклассовой классификации (тип и концентрация металла). Алгоритм Gradient Boosting достиг точности 91% при решении задачи бинарной классификации наличия загрязнения. Стекинг-ансамбль, объединяющий базовые модели (ExtraTrees, KNN, RandomForest, XGBoost) и логистическую регрессию в качестве мета-классификатора, дополнительно подтвердил устойчивость результатов.

Работа выполнена в рамках задания ГПНИ «Биотехнологии-2» (№ ГР 20241163).

Ключевые слова: *Triticum aestivum*, тяжелые металлы; гиперспектральная визуализация; нейронные сети.

EVALUATION OF HEAVY METAL IMPACT ON *TRITICUM AESTIVUM* USING HYPERSPECTRAL IMAGING

Ovcharenko N.V.*, Koshchits T.O., Prohortchik P.O., Mackievic V.S., Muravitskaya H.O.,
Pshybytko N.L., Sokolik A.I.

Belarusian State University, Minsk, Belarus

Keywords: *Triticum aestivum*, heavy metals; hyperspectral imaging; neural networks

ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫЕ ШТАММЫ-ДЕСТРУКТОРЫ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Ошвинцева А.А.^{1*}, Пьянкова А.А.², Шаравин Д.Ю.², Плотникова Е.Г.^{1,2}

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² «Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН» – филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь, Россия

*E-mail: alyonaoshvintseva@mail.ru

Загрязнение окружающей среды нефтью и нефтепродуктами (в том числе дизельным топливом, ДТ) представляет собой глобальную экологическую проблему. Накопление нефтяных углеводородов в почвах/грунтах в условиях сурового холодного климата Антарктиды представляет особую опасность из-за медленного протекания процессов биodeградации. Нефтяные углеводороды чаще всего обнаруживаются вблизи полярных станций, т.к. их накопление в окружающей среде связано, как правило, с использованием в хозяйственной деятельности горюче-смазочных материалов [1]. Микроорганизмы, населяющие экстремальные экосистемы холодных мест обитания, в последние годы становятся одними из приоритетных объектов исследований. Они могут быть использованы для разработки биотехнологий очистки загрязнённых территорий с холодным климатом.

Из образцов почвы/грунта, отобранных вблизи полярной станции Ленинградская во время проведения полевых работ 65-й Российской антарктической экспедиции, были выделены бактериальные штаммы LB8 и LN6, на основании анализа гена 16S рРНК идентифицированные как представители родов *Pseudarthrobacter* (класс *Actinomycetes*) и *Brevundimonas* (класс *Alphaproteobacteria*), соответственно.

Исследуемые штаммы способны расти на богатой среде LB при температуре от 4 до 25°C и использовать ДТ, бифенил, нафталин, бензойную и салициловую кислоты в качестве единственного источника углерода и энергии. Штаммы демонстрировали активный рост на ДТ (1 г/л) при температуре 15°C (макс. ОП₆₀₀=1,2 ед., 3 сут. культивирования). При росте на ДТ при 4°C оптическая плотность штаммов достигала 0,7 ед. к 8 суткам культивирования.

Методом ПЦР с использованием праймеров [2] в геномах *Brevundimonas* sp. LN6 и *Arthrobacter* sp. LB8 выявлены *alkB*-гены, контролирующие деструкции алифатических углеводородов.

Таким образом, из антропогенной почвы/грунта Антарктиды выделены психротолерантные бактерий-деструкторы ДТ родов *Brevundimonas* и *Pseudarthrobacter*, перспективные для дальнейшего изучения и использования в биотехнологических целях.

Список литературы:

1. Абакумов Е.В., Парникоза И.Ю., Лупачев А.В., Лодыгин Е.Д., Габов Д.Н., Кунах В.А. // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94, № 7. С. 20-25.
2. Tourouva T.P., Nazina T.N., Mikhailova E.M., Rodionova T.A., Ekimov A.N., Mashukova A.V., Poltarau A.B. // Molecular Biology. 2008. V. 42. P. 217-226.

Работа выполнена в рамках государственного задания, номер государственной регистрации темы: 124020500028–4.

Ключевые слова: дизельное топливо; бактерии; низкие температуры; биodeградация.

PSYCHROTOLERANT DIESEL-DEGRADING STRAINS

Oshvintseva A.A.^{1*}, Pyankova A.A.², Sharavin D.Yu.², Plotnikova E.G.^{1,2}

¹ Perm State National Research University, Perm, Russia

² Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms, UB RAS, Perm, Russia

Keywords: diesel fuel; bacteria; low temperatures; biodegradation

ОЦЕНКА ФЕНОТИПИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ТОПОЛЯ ГЕНАМИ *HVDHN5* И *TAWCS120*, КОДИРУЮЩИМИ БЕЛКИ ДЕГИДРИНЫ

Павличенко В.В.*, Протопопова М.В.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН (СИФБР СО РАН), Иркутск, Россия

*E-mail: vpavlichenko@gmail.com

Древесные растения, включая продукты их переработки, являются важным компонентом экономики и находят применение в различных отраслях промышленности, поэтому разработка устойчивых к повреждающим факторам внешней среды деревьев является важной задачей современной биотехнологии. Одним из защитных механизмов растительных клеток от повреждающего или угнетающего воздействия низких положительных температур, заморозков, засухи, засоления и тяжелых металлов является функционирование белков-дегидринов. Гены, кодирующие белки-дегидрины у *Triticum aestivum* (*TaWcs120*) и *Hordeum vulgare* (*HvDhn5*) обладают высоким потенциалом для трансгеноза и повышения устойчивости древесных растений. В качестве объекта для генетической трансформации в данной работе был выбран тополь берлинский (*Populus × berolinensis* K. Koch). Агробактериальную генетическую трансформацию стеблевых эксплантов тополя осуществляли с использованием бинарных векторных систем на основе плазмиды pBI121, несущих кодирующие последовательности генов *HvDhn5* и *TaWcs120*. Трансгенез был подтвержден укоренением регенерантов в присутствии канамицина в питательной среде (100 мг/л) и положительным результатом ПЦР с использованием праймеров, специфичных к генам *nptII*, *HvDhn5* и *TaWcs120*. С полученными трансгенными линиями по генам *HvDhn5* и *TaWcs120* была проведена серия экспериментов по изучению их устойчивости к засолению. Оценку степени устойчивости к засолению проводили по сохранению способности к укоренению трансгенных растений на среде с различными концентрациями хлорида натрия (0, 25, 50, 75, 100, 125, 150 и 200 мМ) по сравнению с контрольными.

Полученные трансгенные растения не обладали ярко выраженными фенотипическими отличиями от контрольных растений на ранних этапах отбора и размножения. Более длительное содержание трансгенных растений в культуре *in vitro* позволило выявить фенотипическое отличие от контроля, заключающееся в усиленном ветвлении растений. Контрольные растения при этом сохраняли один ствол без боковых ответвлений. Результаты экспериментов показали, что трансформация тополя берлинского генами *TaWcs120* и *HvDhn5* приводит к повышению его устойчивости к засолению хлоридом натрия, при этом эффект генетической трансформации геном *HvDhn5* носит более выраженный характер.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 24-24-00418, <https://rscf.ru/project/24-24-00418/>). Авторы благодарят ЦКП «Биоаналитика» СИФИБР СО РАН за доступ к аналитическому оборудованию.

Ключевые слова: тополь; дегидрины; агробактериальная генетическая трансформация; *HvDhn5*; *TaWcs120*.

EVALUATION OF PHENOTYPIC AND PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF POPLAR GENETIC TRANSFORMATION BY *HVDHN5* AND *TAWCS120* GENES ENCODING DEHYDRINS

Pavlichenko V.V.*, Protopopova M.V.

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS (SIPPB), Irkutsk, Russia

Keywords: poplar; dehydrins; agrobacterium mediated genetic transformation; *HvDhn5*; *TaWcs120*

Cu²⁺ ПРОТЕКТОРНЫЕ СВОЙСТВА СИНТЕЗА ГЛИЦИНБЕТАИНА

Платонова Е.В.^{1*}, Баранова Е.Н.², Ралдугина Г.Н.³

¹ ООО «НПП Биосфера», Уфа, Россия

² Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук, Москва, Россия

³ Институт физиологии растений имени К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

*E-mail: ix.ti.andr@mail.ru

Медь является важным микроэлементом для метаболизма растений, однако его избыток может нарушить развитие, негативно влияя на физиологию растений. Для детоксикации Cu²⁺ растение использует антиоксидантную систему, а также низкомолекулярные органические соединения - сахара, пролин, а также глицинбетаин (ГБ), который обладает осмопротекторными свойствами, стабилизирующими четвертичную структуру ферментов и сложных белков. Синтез ГБ в растениях является двухстадийным процессом, однако у некоторых бактерий, в частности, *Arthrobacter globiformis*, процесс превращения холина ферментом холиноксидазой в ГБ является одностадийным. Встраивание гена *codA*, кодирующего холиноксидазу, в растения повышает их устойчивость к стрессам различного вида.

Исходные нетрансгенные, контрольные, содержащие только ген *nptII*, и две трансгенные линии табака (*Nicotiana tabacum* L.) Samsun, экспрессирующие гетерологичные гены *codA* и ген *nptII*, использовали для оценки чувствительности к Cu²⁺. Из условий *in vitro* они были высажены в почву. В возрасте 5-6 листьев почву обработали раствором CuSO₄. Через 14 дней концентрация меди в почве была доведена до 0; 1,5; 5; 10; 20 и 30 мМ. Содержание меди 1,5 и 5 мМ улучшило рост у всех четырех линий растений, при этом большее влияние было на контрольные растения: масса растений была до 2 раз больше, чем без добавления меди. К 15 дню растения контрольных линий при концентрации 30 мМ погибли. Гибель трансгенов с геном *codA* наблюдали только к 40-му дню. При концентрации 20 мМ к окончанию опыта выжили только растения, экспрессирующие ген *codA*. Содержание пигментов во всех линиях не менялась до 10 мМ CuSO₄. При 20 мМ их концентрация повышалась для всех линий, кроме одной из трансгенных линий с геном *codA*. При 30 мМ содержание пигментов было повышено для обеих линий, экспрессирующих ген *codA*, и понижено для обеих контрольных линий.

При увеличении концентрации Cu²⁺ экспрессия ряда генов, связанных с устойчивостью к стрессам (например, PIP2-7, PpiC-12 и NCED1), у контрольных линий возрастала. У линий, содержащих ген *codA*, экспрессия оставалась неизменной или даже уменьшалась. При 30 мМ CuSO₄ у одной из линий, содержащей ген *codA*, отмечено резкое (до 5 раз) снижение уровня экспрессии. Также, для этой линии, при всех концентрациях CuSO₄, наблюдалось снижение, по сравнению с другими линиями, уровня экспрессии многих генов, связанных со стрессоустойчивостью.

Ключевые слова: RT PCR, токсичность Cu²⁺, *codA*, *Nicotiana tabacum* L.

Cu²⁺ PROTECTIVE PROPERTIES OF GLYCINE BETAINE SYNTHESIS

Platonova E.V.¹, Baranova E.N.², Raldugina G.N.³

¹ Limited Liability Company "NPP Biosfera", Ufa, Russia

² N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Keywords: RT PCR, Cu²⁺ toxicity, *codA*, *Nicotiana tabacum* L.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ И СРОКОВ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* НА РЕГЕНЕРАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ *LONICERA CAERULEA* L.

Поленов Т.С.*, Тихонова Н.Г.

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: polenovtimofei@mail.ru

Жимолость синяя (*Lonicera caerulea* L.) — сравнительно новая ягодная культура на территории России. Благодаря высокой адаптивности к различным климатическим условиям и ранним срокам плодоношения, данная ягода является перспективным объектом культивирования в более северных районах нашей страны. Для получения большого количества здорового посадочного материала в сжатые сроки наиболее перспективным и удобным является метод микроклонального размножения.

Целью нашего исследования было выявление оптимальных сроков введения в культуру *in vitro* жимолости и влияние генотипа на регенерационный потенциал. Материалом исследования служили 5 образцов *L. caerulea* разного эколого-географического происхождения: 'Камчатская 55' (к №25802), 'Саянская 317' (к №25828), 'Иркутская 344' (к №25833), 'Палласа 615' (к №32352), 'Турчанинова 14-26' (к №б/н), произрастающие на территории НПБ «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» в условиях Ленинградской области.

Для введения в культуру *in vitro* материал отбирали в три срока: зимующие черенки (февраль), начало вегетации (апрель) и фаза активного роста (май). В качестве эксплантов использовали зелёные черенки с двумя боковыми почками. Стерилизацию проводили в несколько этапов: промывка мыльным раствором, 70% раствором этилового спирта, 10%-м раствором гипохлорита натрия и трёхкратная промывка стерильной водой. На основе литературных данных были подобраны питательные среды: Мурасиге-Скуга (МС) и Woody Plant Medium (WPM) с добавлением 1 мг/л БАП, 20 г сахарозы, 6 г агар-агара и pH 5,8.

Наибольшая приживаемость эксплантов наблюдалась у материала, отобранного во время фазы активного роста (май), составляла до 60 % ('Турчанинова 14-26'). Наименьшая эффективность введения наблюдалась на фазе зимующих черенков (февраль) — 0% у большинства образцов. В тоже время, для образца 'Камчатская 55' наиболее оптимальным сроком введения оказалось начало вегетации (апрель), приживаемость эксплантов составила 33,33%, наименее — в фазе активного роста (май), приживаемость 20%. Для всех периодов введения в культуру *in vitro* среда WPM оказалась наиболее эффективной.

Тезисы подготовлены в рамках государственного задания ВИР согласно тематическому плану НИР по теме № FGEM-2025-008 «Разработка подходов ускоренной селекции для улучшения хозяйственно ценных признаков декоративных и ягодных культур».

Ключевые слова: жимолость; *in vitro*; *Lonicera caerulea*; питательная среда; сроки введения.

INFLUENCE OF DIFFERENT GENOTYPES AND TIMES OF INTRODUCTION INTO *IN VITRO* CULTURE ON THE REGENERATION POTENTIAL OF *LONICERA CAERULEA* L.

Polenov T.S.*, Tikhonova N. G.

N.I. Vavilov All Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russia

Keywords: honeyberry; *in vitro*; *Lonicera caerulea*; growth medium; timing of introduction

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ УГЛЕРОДНОГО И ВОДНОГО ОБМЕНА *PINUS SYLVESTRIS* В СПЕЛЫХ И ПЕРЕСТОЙНЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ

Придача В.Б.*, Семин Д.Е., Фокина Е.А., Семенова Л.И., Туманик Н.В., Новичонок Е.В., Тарелкина Т.В., Галибина Н.А.

Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

*E-mail: pridacha@krc.karelia.ru

Показатели углеродного и водного обмена растений являются надежными индикаторами состояния лесных экосистем, позволяющими оценить не только изменчивость, но и устойчивость сообщества. В контексте проблем углеродной нейтральности анализ составляющих углеродного и водного баланса спелых и перестойных насаждений представляет особую актуальность. Целью работы была оценка влияния абиотических факторов на параметры $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -газообмена сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в спелых и перестойных лесах южной Карелии. Работа выполнена на тестовом полигоне интенсивного уровня (Мошников и др., 2024) в среднетаежной подзоне на территории заповедника «Кивач» (Республика Карелия) в мае–августе 2023–2024 гг. Пробные площади заложены в сосняках черничных и брусничных, различающихся таксационными, геоботаническими и почвенными характеристиками (Пеккоев и др., 2024; Akhmetova et al., 2024). Для регистрации показателей $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -газообмена *P. sylvestris* использовали портативный газоанализатор LI-6400XT (LI-COR Inc., США) и камеру давления Plant Moisture Vessel SKPM 1400 (Skye Instruments Ltd., Великобритания). В ходе исследования проведена межбиогеоценотическая оценка параметров фотосинтеза и транспирации, водного статуса, а также анатомических и гидравлических характеристик ксилемы *P. sylvestris*. Отмечен характер влияния климатических факторов на структурно-функциональные характеристики деревьев *P. sylvestris*. Анализ параметров зависимости фотосинтеза от света, рассчитанных с помощью модернизированной функции Микаэлиса-Ментен, позволил установить продуктивность фотосинтетической фиксации углерода и его выделения при дыхании *P. sylvestris* на разных экспериментальных участках тестового полигона. В целом для исследуемых биогеоценозов отмечено преобладание поглощения растениями CO_2 из атмосферы в процессе фотосинтеза над его выделением при дыхании.

Работа выполнена в рамках реализации ВППГЗ «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации ...» (123030300031-6) и средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

Ключевые слова: старовозрастные леса; *Pinus sylvestris*; CO_2 -газообмен; транспирация; гидравлическая проводимость.

THE EFFECT OF ABIOTIC FACTORS ON CARBON AND WATER EXCHANGE PARAMETERS OF *PINUS SYLVESTRIS* IN MATURE AND OVERMATURE FORESTS OF SOUTHERN KARELIA

Pridacha V.B.*, Semin D.E., Fokina E.A., Semenova L.I., Tumanik N.V., Novichonok E.V., Tarelkina T.V., Galibina N.A.

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

Keywords: old-growth forests; *Pinus sylvestris*; CO_2 gas exchange; transpiration; hydraulic conductivity

ВЛИЯНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВОДНЫЙ ОБМЕН СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В СТАРОВОЗРАСТНЫХ ЛЕСАХ КАРЕЛИИ

Придача В.Б.*, Семин Д.Е.

Институт леса КарНЦ РАН, ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск, Россия

*E-mail: pridacha@krc.karelia.ru

На территории Российской Федерации около половины площади таежных лесов представлено спелыми и перестойными насаждениями. В Республике Карелия насаждения с преобладанием хвойных пород составляют 87.5% от лесопокрытых площадей (Государственный доклад..., 2023), из них практически треть общей площади занимают спелые и перестойные леса (29.3 %). В связи с наиболее выраженным в высоких широтах увеличением частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений (IPCC, 2023), включая волны жары, засухи и ливни, анализ составляющих водного баланса спелых и перестойных хвойных насаждений представляет особую актуальность вследствие, вероятно, их большей уязвимости к гидравлическому стрессу и высокой представленности в регионе и стране в целом. Целью исследования было оценить влияние абиотических факторов на параметры водообмена сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в старовозрастных лесах среднетаежной подзоны Карелии в течение двух контрастных по гидротермическим условиям вегетационных периодов 2023 и 2024 гг. Сравнительный анализ изменчивости величин предрассветных и полуденных водных потенциалов охвоенных побегов у 170-летних деревьев сосны проведен на постоянных пробных площадях, заложенных в 5 группах сосняков черничных и брусничных, сформированных в разных почвенно-гидрологических условиях. Для определения величин водных потенциалов охвоенных побегов сосны использовали камеру давления Plant Moisture Vessel SKPM 1400 (Skye Instruments Ltd., Великобритания). Показано в целом значимое влияние биогеоценотических особенностей произрастания и погодных условий, а также их взаимодействия на исследуемые параметры взрослых деревьев за двухлетний период. При дефиците атмосферных осадков наиболее низкие значения водного потенциала в предрассветные и полуденные часы отмечены в группах сосняков на подзолах. В условиях обильных осадков наиболее высокий полуденный водный дефицит отмечен в группе сосняков, сформированных в контрастных условиях подзола песчаного и торфяных почв. Полученные показатели могут быть использованы в качестве входных параметров в математических моделях продукционного процесса и водного цикла наземных экосистем для определения возможного отклика CO₂/H₂O бюджета таежных лесных экосистем на будущие климатические изменения.

Работа выполнена в рамках реализации ВППГЗ «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации ...» (123030300031-6) и средств федерального бюджета на выполнение государственного задания КарНЦ РАН (Институт леса КарНЦ РАН).

Ключевые слова: старовозрастные леса; *Pinus sylvestris*; предрассветный и полуденный водный потенциал; факторы среды; средняя тайга.

THE EFFECT OF ABIOTIC FACTORS ON WATER EXCHANGE OF SCOTS PINE IN OLD-GROWTH FORESTS OF KARELIA

Pridacha V.B.*, Semin D.E.

Forest Research Institute, Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

Keywords: old-growth forests; *Pinus sylvestris*; predawn and midday water potential; environmental factors; middle taiga

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НЕМОРАЛЬНЫХ РЕЛИКТОВ ЮЖНОЙ СИБИРИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

Протопопова М.В.*, Павличенко В.В.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН (СИФБР СО РАН), Иркутск, Россия

*E-mail: marina.v.protopopova@gmail.com

Работа посвящена исследованию современной пространственно-генетической структуры модельных неморальных реликтовых видов растений Южной Сибири. В качестве основных объектов исследования были использованы *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey., *A. baicalensis* Turcz., *Eranthis sibirica* DC. и *Waldsteinia ternata* (Stephan) Fritsch. Все виды относятся к третичному неморальному комплексу, и в настоящее время имеют сильно дизъюнктивное распространение. Наблюдаемый в настоящее время разрыв ареалов видов произошел в результате резких изменений климатических условий в позднем кайнозое, включая прогрессивное похолодание и усиления континентальности, достигших кульминации в плейстоцене. Сбор образцов для молекулярно-генетического анализа проводили из нескольких популяций на хр. Хамар-Дабан, Восточном Саяне (для *E. sibirica* и *W. ternata*), Западном Саяне и Алтае (для *A. altaica*). Выделение суммарной ДНК проводили ЦТАБ методом с авторскими модификациями. В качестве молекулярных маркеров использовали регионы пластидной (*trnL* и *trnL–trnF*, *trnH-psbA*) и ядерной (ITS1-ITS2) ДНК. Определение нуклеотидной последовательностей маркеров определяли по методу Сэнгера на генетическом анализаторе серии 3500 (Applied biosystems). Филогенетический анализ проводили методом максимального правдоподобия (ML) в программе MEGA v. 6.06 и байесовским анализом (BI) на основе метода Монте-Карло для марковских цепей с учетом наиболее оптимальных моделей нуклеотидных замен. Анализ молекулярной дисперсии (AMOVA) и расчет индексов фиксации был проведен в программе PopART v. 1.7 и GenAlEx v.6.5. Анализ показал наличие схожих филогеографических паттернов у всех исследованных видов. В пределах Южной Сибири было показано наличие западных и восточных филогеографических надгрупп популяций для каждого вида. Выявленные филогеографические паттерны модельных видов на хр. Хамар-Дабан хорошо соответствуют модели нескольких основных микрорефугиумов.

Авторы благодарят ЦКП «Биоаналитика» СИФИБР СО РАН за предоставленный доступ к оборудованию, гербарий ИГУ за монтирование и возможность размещения и хранения ваучерных образцов. 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 (Пер. № НИОКТР – 125021902487-9).

Ключевые слова: третичные реликты; поздний кайнозой; хребет Хамар-Дабан; оледенение; неморальный рефугиум.

FORMATION OF THE SPATIAL-GENETIC STRUCTURE OF NEMORAL RELICTS OF SOUTHERN SIBERIA IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Protopopova M.V.*, Pavlichenko V.V.

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS (SIPPB), Irkutsk, Russia

Keywords: tertiary relics; Late Cenozoic; the Khamar-Daban Ridge; glaciation; nemoral refugium

РАЗРАБОТКА ПРОТОКОЛА БЫСТРОЙ ЭКСТРАКЦИИ ОБЩЕГО БЕЛКА ДЛЯ ПРОТЕОМНОГО АНАЛИЗА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ МЕТОДОМ SDS-PAGE НА ПРИМЕРЕ ТОПОЛЯ БЕРЛИНСКОГО В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Протопопова М.В.*, Павличенко В.В.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН (СИФБР СО РАН), Иркутск, Россия

*E-mail: marina.v.protopopova@gmail.com

Одной из важнейших задач современной агrobiотехнологии древесных растений является быстрое получение высококачественного посадочного материала. Эффективным решением является микроразмножение *in vitro*, требующее разработки подходов по оценке физиологического состояния полученного материала. Протеомный анализ, отражающий реакцию генома на воздействие окружающей среды, является одним из перспективных методов такой оценки. Пробоподготовка для протеомного анализа зачастую является трудоемкой и многоэтапной процедурой. Это прежде всего связано осложнённым лизисом тканей у древесных растений в виду наличия лигнифицированных клеточных стенок, а также высоким содержанием других вторичных метаболитов и активностью протеаз. Предполагая, что культуры *in vitro* лишены большинства обозначенных ограничений, мы сфокусировались на упрощении протокола экстракции общего белка.

В качестве объекта исследования был использован тополь берлинский (*Populus × berolinensis* K. Koch.). В качестве стартового материала для экстракции использовали листья растений *in vitro* с остатками черешков. В работе была проведена оценка влияния различных подходов фиксации образцов (свежий материал, фиксация в жидком азоте и замораживание при -80°C), методов гомогенизации (автоматическая гомогенизация металлическими шариками или ручная гомогенизация с использованием ступки и пестика), использования ингибиторов протеаз (PMSF и коммерческого коктейля ингибиторов), этапа осаждения (без осаждения и осаждение общего белка ацетоном), а также использования различных концентраций SDS и β -меркаптоэтанола на этапах экстракции и денатурации общего белка на разрешение финальных спектров, полученных методом SDS-PAGE.

Результаты показали, что различия в протоколах экстракции не оказывали существенного влияния на разрешение белковых спектров: во всех случаях профили содержали одинаковые белки/белковые группы. Это указывает на возможность применения упрощённых подходов выделения общего белка из листьев тополя берлинского в культуре *in vitro* без этапов его осаждения и интенсивной очистки, а также без необходимости применения ингибиторов протеаз. Адаптированный протокол призван сократить временные и финансовые затраты при скрининге посадочного материала древесных растений.

Авторы благодарят ЦКП «Биоаналитика» СИФБР СО РАН за предоставленный доступ к оборудованию. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 24-24-00418, <https://rscf.ru/project/24-24-00418/>).

Ключевые слова: микрклональное размножение; древесные растения; SDS-PAGE; протеомный анализ; *Populus × berolinensis*.

DEVELOPMENT OF A RAPID TOTAL PROTEIN EXTRACTION PROTOCOL FOR PROTEOMIC ANALYSIS OF WOODY PLANTS BY SDS-PAGE USING *IN VITRO* CULTURE OF BERLIN POPLAR AS AN EXAMPLE

Protopopova M.V.*, Pavlichenko V.V.

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS (SIPPB), Irkutsk, Russia

Keywords: micropropagation; woody plants; SDS-PAGE; proteomic analysis; *Populus × berolinensis*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМЫ АТМОСФЕРНОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ПРАЙМИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Пшибытко Н.Л.^{1*}, Самохина В.В.¹, Мацкевич В.С.¹, Гриусевич П.В.¹, Черныш М.А.¹,
Алексеева М.И.¹, Аксютин А.В.², Логунов К.Т.², Котов Д.А.², Демидчик В.В.³

¹ Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

² Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

³ Институт экспериментальной ботаники им В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, Беларусь

*E-mail: pshybytkon@gmail.com

Повышение эффективности производства сельскохозяйственной продукции является одной из приоритетных задач в мировой экономике. Потенциал для роста продуктивности растений лежит, прежде всего, в усовершенствовании технологии выращивания и сокращении потерь урожая в результате воздействия факторов биотической и абиотической природы. Прайминг семян и растений является перспективным приемом для улучшения всхожести семян, повышения устойчивости и роста продуктивности растений. В представленной работе исследовано физиологическое состояние проростков *Arabidopsis thaliana* L. (Heynh.), *Triticum aestivum* L., *Hordeum vulgare* L., выращенных *in vitro* и *in vivo* и обработанных холодной плазмой атмосферного разряда. Осевой эмиссионный спектр факела плазмы тлеющего разряда при атмосферном давлении выявил наличие гидроксильных радикалов, возбужденных атомов аргона, ионов кислорода и др. Исследование влияния холодной плазмы на генерацию активных форм кислорода (АФК) в растворах, имитирующих биологические среды, с помощью метода электронного парамагнитного резонанса со спиновой ловушкой 5,5-диметилпирролин-N-оксид показало мощный синтез гидроксильных радикалов. Причем, амплитуда ЭПР-сигнала, индуцируемого холодной плазмой, возрастала с увеличением времени воздействия. Подобраны оптимальные условия обработки проростков для избежания ингибирующего эффекта. С использованием флуоресценции дигидроэтидиума показана активация генерации АФК в зоне деления корня, а с помощью окисления тиобензамида лактопероксиазой – активация светозависимой генерации АФК в листьях после обработки растений холодной плазмой, которая снижалась до первоначального значения через сутки после обработки. В обработанных плазмой проростках *Arabidopsis thaliana*, *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare* отмечены значительные увеличения прироста корней, биомассы проростков, повышение активности фотосинтеза. В случае обработки семян холодной плазмой наблюдалось увеличение скорости прорастания семян, роста корней и повышение биомассы проростков. Сделан вывод о рост-стимулирующей способности подобранных обработок растений и семян холодной плазмой атмосферного разряда.

Работа выполнена в рамках задания ГПНИ «Конвергенция-2025» (№ ГР 20211734).

Ключевые слова: *Arabidopsis thaliana*, *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*, холодная плазма атмосферного разряда, прайминг.

EFFICIENCY OF COLD ATMOSPHERIC PLASMA FOR PRIMING OF AGRICULTURAL PLANTS

Pshybytko N.L.^{1*}, Samokhina V.V.¹, Mackievic V.S.¹, Hryvusevich P.V.¹, Charnysh M.A.¹,
Alekseeva M.O.¹, Aksyuchits A.V.², Logunov K.T.², Kotov D.A.², Demidchik V.V.³

¹ Belarusian State University, Minsk, Belarus

² Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

³ V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany, NAS of Belarus, Minsk, Belarus

Keywords: *Arabidopsis thaliana*, *Triticum aestivum*, *Hordeum vulgare*, cold atmospheric plasma, priming

ВЛИЯНИЕ СОВМЕШНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И *FUSARIUM CULMORUM* НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ В ПРОРОСТКАХ *HORDEUM VULGARE*

Пшибытко Н.Л.*, Вачинская А.В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

*E-mail: pshybytkon@gmail.com

В естественных условиях растительные организмы испытывают комбинацию нескольких абиотических и биотических стрессоров, которые одновременно или последовательно воздействуют и вызывают значительное изменение их роста, развития и продуктивности. С увеличением числа и сложности стрессовых факторов, выживаемость растений, как правило, резко снижается, даже если уровень каждого отдельного стрессора достаточно низок, чтобы не оказывать значительного эффекта. Однако в отдельных случаях при адаптации растений к воздействию комбинированных стрессовых факторов наряду с неспецифическими могут возникать уникальные ответные реакции. В данной работе исследовано совместное воздействие повышенной температуры и *Fusarium culmorum* на фотосинтетический аппарат растений *Hordeum vulgare* L., как основы продуктивности растений, и детально охарактеризованы первичные фотосинтетические реакции. Показано, что тепловое воздействие снижало эффективный квантовый выход фотохимических реакций фотосистемы (ФС) 2, уровень окисленности P700, квантовый выход фотохимических реакций ФС1 и повышало нефотохимическую диссипацию энергии на акцепторной стороне ФС1. При этом в подвергшихся тепловой обработке растениях уменьшался вклад ферредоксин-пластохинон редуктаза (FQR)-зависимого потока электронов и увеличивалась доля циклического транспорта электронов, катализируемого НАДН дегидрогеназа-подобным комплексом (NDH). При фузариозе наблюдалось снижение эффективности реакций светосбора и разделения зарядов в реакционном центре ФС2, уменьшение квантового выхода фотохимических реакций ФС1 и существенное повышение нефотохимической диссипации энергии на акцепторной стороне ФС1, сопровождающееся повышением вклада FQR-зависимого циклического транспорта электронов. Сопряженное воздействие повышенной температуры и *Fusarium oxysporum* усиливало подавляющий эффект обоих стрессовых факторов на фотохимическую активность ФС2, фотоиндуцированное окисление P700, активизировало нефотохимическую диссипацию энергии как на акцепторной, так и на донорной стороне ФС1. В то же время, индуцированное фузариозным увяданием и повышенной температурой подавление ферредоксин-зависимых линейного и циклического потоков электронов компенсировалось активацией NDH-зависимого транспорта электронов.

Работа выполнена в рамках задания ГПНИ «Конвергенция-2025» (№ ГР 20211734).

Ключевые слова: *Hordeum vulgare*, *Fusarium culmorum*, тепловой стресс, фотохимические реакции фотосистем, электронный транспорт

COMBINED EFFECT OF HIGH TEMPERATURE AND *FUSARIUM CULMORUM* ON PHOTOSYNTHETIC REACTIONS IN *HORDEUM VULGARE* SEEDLINGS

Pshybytko N.L.*, Vachynskaya A.V.

Belarusian State University, Minsk, Belarus

Keywords: *Hordeum vulgare*, *Fusarium culmorum*, heat stress, photochemical reactions of photosystems, electron transport

УСТОЙЧИВОСТЬ БАКТЕРИИ *NEORHIZOBIUM PHENANTHRENICLASTICUM* RSF11 К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ

Растерковская М.В.*, Муратова А.Ю.

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия

*E-mail: margueriterasterkowski@google.com

Длительное загрязнение почвы тяжелыми металлами является фактором отбора, стимулирующим появление бактерий, способных развивать устойчивость к тяжелым металлам. Бактерии могут помочь растениям противостоять поллютантному стрессу, улучшить их рост и биологическую продуктивность. Это возможно благодаря бактериальной трансформации тяжелых металлов в менее токсичные формы и изменению степени их доступности. Штаммы микроорганизмов, способные выживать при высоких концентрациях нескольких металлов, хорошо подходят для ремедиации загрязненной почвы.

Целью работы являлось характеристика механизмов устойчивости нового вида микроорганизмов *Neorhizobium phenanthreniclasticum* Rsf11 к двухвалентным тяжелым металлам – цинку, кадмию, меди и никелю.

Штамм Rsf11 был выделен из ризосферы люцерны посевной, растущей на почвах, загрязненных углеводородами и идентифицирован как новый вид *Neorhizobium phenanthreniclasticum*. Для изучения устойчивости штамма *N. phenanthreniclasticum* Rsf11 к тяжелым металлам культивирование микроорганизма проводили на среде R2A с добавлением $\text{NiSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CdCl}_2 \times 2,5\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ в концентрациях 0,1, 0,2 и 0,5 ммоль/л в течение 3 сут. в условиях аэрации на качалке. Рост оценивали спектрофотометрически. Для изучения распределения тяжелых металлов в среде и микробной биомассе, определяли их содержание методом атомно-абсорбционной спектроскопии в отмытых клетках, во фракции экзополимерных соединений, выделенных с поверхности клеток, и в культуральной жидкости.

Результаты анализов показали, что для Ni, Cd и Zn клеточная адсорбция является основным механизмом детоксикации тяжелых металлов. Cu при концентрациях 0,1-0,2 ммоль/л накапливалась в экстраклеточных полимерных соединениях, а при 0,5 ммоль/л – равномерно распределялась между внутри- и внеклеточным пространством. Ni значительно ингибировал рост в концентрации от 0,2 ммоль/л, Cd подавлял рост уже при 0,1 ммоль/л, Cu незначительно ингибировала рост в низких концентрациях и выраженно при 0,5 ммоль/л. Zn ингибирует рост при 0,1 ммоль/л. Для всех металлов минимальный рост наблюдался при концентрации 0,5 ммоль/л.

Предполагается, что устойчивость *N. phenanthreniclasticum* Rsf11 к Ni, Zn, Cu и Cd обеспечивалась преимущественно внеклеточной адсорбцией металлов экзополимерными соединениями на поверхности клеток. Значительное ингибирование роста наблюдается при концентрациях $\text{Cd} \geq 0,1$ ммоль/л, $\text{Ni} \geq 0,2$ ммоль/л и $\text{Zn/Cu} > 0,2$ ммоль/л.

Лучшее понимание адаптационных способностей и механизмов устойчивости микроорганизмов, в данном случае бактерий *N. phenanthreniclasticum*, в средах, загрязненных тяжелыми металлами, является важнейшей предпосылкой для разработки и практического применения стратегий микробной ремедиации почв.

Ключевые слова: биоремедиация; *Neorhizobium*; устойчивость к тяжелым металлам.

HEAVY METAL RESISTANCE OF RHIZOBIUM STRAIN *NEORHIZOBIUM PHENANTHRENICLASTICUM* RSF11

Rasterkovskaya M., Muratova A.

Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov, Russia

Keywords: bioremediation; *Neorhizobium*; heavy metals resistance

СОЗДАНИЕ КУЛЬТУР ВОЛОСОВИДНЫХ КОРНЕЙ *STEMMACANTHA SERRATULOIDES* (GEORGI) M. DITRICH

Рахматуллина И.Ф.^{1,2*}, Кулуев Б.Р.^{1,2}

¹ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

*E-mail: irishka199812@gmail.com

В последние десятилетия во всем мире наблюдается активный рост интереса к терапевтическому потенциалу растений. Однако многие лекарственные виды практически невозможно собирать в их естественной среде обитания, так как они стали редкими из-за усиления антропогенной нагрузки и изменения экологических условий. К таким видам относится *Stemmacantha serratuloides* (Georgi) M. Ditrich (большеголовник серпуховидный) – многолетнее травянистое лекарственное растение, произрастающее на солончаках, солонцах и солонцеватых лугах. Большоголовник серпуховидный является ценным источником фитоэкдистероидов, известных своими иммуностропными, адаптогенными и анаболическими свойствами. Исходя из ограниченности ресурсов *S. serratuloides*, актуальными являются исследования, направленные на разработку альтернативных способов получения растительного материала, включая биотехнологические методы его культивирования и размножения. Целью данной работы было создание культур волосовидных корней большоголовника серпуховидного.

Волосовидные корни *S. serratuloides* получали путем агробактериальной трансформации корневых эксплантов, выращенных в условиях *in vitro*. Для трансформации использовали штаммы *A. rhizogenes* A4 и 15834, которые предварительно культивировались в жидкой среде Lysogeny Broth (LB) с добавлением 100 мг/л рифампицина при 28°C в течение суток. Затем культуры агробактерий центрифугировали при 3 тыс. об/мин в течение 10 мин, осадок растворяли в 10 мл жидкой среды Мурасиге – Скуга (МС) с добавлением 100 мкМ ацетосирингона. Суспензию агробактерий культивировали на орбитальном шейкере в течение 45 мин, после чего проводили инокуляцию корневых эксплантов *S. serratuloides*. Каждый из эксплантов несколько раз укалывали иглой инсулинового шприца, обмакиваемой в агробактериальную суспензию, затем переносили в чашку Петри, содержащую 10 мл жидкой среды МС с добавлением 300 мкл бактериальной суспензии, и инокулировали в течение 20 мин, после чего переносили на питательную среду для сокультивирования, предварительно подсушивая на стерильной фильтровальной бумаге. Совместное культивирование корневых эксплантов с агробактериями проводили на твердой среде МС, через 2 суток экспланты переносили на твердую среду МС, содержащую антибиотик цефотаксим (100 мг/л). Через 18-21 дней после инокуляции агробактериями на эксплантах начинали появляться волосовидные корни. Для оценки параметров роста волосовидных корней в течение последующих 4 недель измеряли длину корней. За три недели на твердой среде длина корней, полученных при помощи штамма А4, в среднем увеличивалась на $10,9 \pm 0,86$ см, длина корней, полученных при помощи штамма 15834, – на $10,6 \pm 0,88$ см.

Ключевые слова: волосовидные корни; большоголовник серпуховидный

CREATION OF *STEMMACANTHA SERRATULOIDES* (GEORGI) M. DITRICH HAIRY ROOTS

Rakhmatullina I.F.^{1,2}, Kuluev B.R.^{1,2}

¹ Institute of Biochemistry and Genetics of UFRC RAS, Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Keywords: hairy roots; *Stemmacantha serratuloides*

РИЗОБАКТЕРИИ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ – СОЧЕТАНИЕ СВОЙСТВ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ И ДЕГРАДАЦИИ ПОЛЛЮТАНТОВ

Резникова С.С. *, Дубровская Е.В., Позднякова Н.Н., Муратова А.Ю.

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, Саратов, Россия

*E-mail: sofiareznickova@yandex.ru

Использование микроорганизмов в сельском хозяйстве позволяет улучшить питание растений и снизить применение химических удобрений. Доказано, что ассоциированные с ризосферой растения виды бактерий оказывают благоприятное влияние на рост и урожайность. Загрязнение почв тяжелыми металлами и углеводородами заставляет искать микроорганизмы, сочетающие свойства стимуляции роста и резистентности к поллютантам.

Целью работы являлось выделение и характеристика ризосферных микроорганизмов, сочетающих свойства стимуляции роста растений и устойчивости к наиболее распространенным загрязнителям – нефти и тяжелых металлов.

Из ризосферы лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus*) и полевиčky малой (*Eragrostis minor*), растущих на территории с многолетним загрязнением нефтью были выделены пять штаммов. Микроорганизмы выделялись на безазотистой среде, что свидетельствует об их способности к фиксации азота. Биохимические характеристики были получены с использованием наборов API 20NE (bioMérieux, Франция). Морфологические свойства изучены с использованием световой микроскопии. Антифунгальная активность штаммов оценивалась методом диффузии в агаровом слое по отношению к фитопатогенному грибу *Fusarium oxysporum*. Оценка способности микроорганизмов окислять нефтяные углеводороды производилась по росту на минеральной среде, где нефть была единственным источником углерода. Оценку устойчивости к тяжелым металлам (медь, цинк, никель) определяли выращиванием микроорганизмов на чашках с концентрацией металла от 0,2 до 5 ммоль. Оценку ростстимулирующей активности микроорганизмов проводили на 3-суточных проростках сорго (*Sorghum bicolor*), обработанных бактериальной суспензией по развитию побегов и корней.

На основе культурально-морфологических и физиолого-биохимических характеристик три выделенных штамма были отнесены к роду *Pseudomonas*, два – к роду *Corynebacterium*. Два штамма рода *Pseudomonas* подавляли рост фитопатогенного гриба *Fusarium oxysporum*. Все изученные штаммы проявляли устойчивость к двухвалентным тяжелым металлам. Устойчивость к меди находилась в диапазоне от 0,2 до 3,0 ммоль, к никелю от 0,2 до 4,0 ммоль и цинку от 0,2 до 5,0 ммоль.

Все штаммы, относящиеся к роду *Pseudomonas*, проявляли способность к окислению нефти.

Изученные штаммы увеличивали длину побегов на 2-7%, а также увеличивалось количество придаточных корней.

Таким образом, комбинация свойств стимуляции роста растений и одновременное проявление устойчивости к поллютантам, таким как тяжелые металлы и нефть, делает исследованные штаммы перспективными для использования в качестве биоагентов для восстановления загрязненных почв.

Ключевые слова: ризобактерии; стимуляция роста; нефтяное загрязнение; тяжелые металлы.

RHIZOBACTERIA FROM POLLUTED ECOSYSTEMS - COMBINATION OF PLANT GROWTH PROMOTION AND POLLUTANT DEGRADATION PROPERTIES

Reznikova S., Dubrovskaya E., Pozdnyakova N., Muratova A.

Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov, Russia

Keywords: heavy metals; rhizobacteria; growth promoting, oil pollution

УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ

Реут А.А.*, Бекшенева Л.Ф.

Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра РАН

*E-mail: cvetok.79@mail.ru

В современных условиях тяжелые металлы (ТМ) рассматриваются как основные загрязнители почв. С одной стороны, они необходимы для нормального протекания физиологических процессов, а с другой – при повышенных концентрациях ТМ токсичны. В связи с этим актуально изучение содержания ТМ в растительных объектах. Целью наших исследований было изучение аккумуляции и распределения элементов (As, Cd, Pb, Ni, Mn, Cu, Fe, Cr) в разных частях декоративных травянистых многолетников рода *Iris* L. Исследования проводили в вегетационный период 2022–2024 гг. на опытных участках лаборатории цветоводства и селекции Южно-Уральского ботанического сада-института – обособленного структурного подразделения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук. Объектами исследований были надземные и подземные органы четырех видов ириса (*I. orientalis* Mill., *I. spuria* subsp. *carthaliniae* (Fomin) B. Mathew, *I. pseudacorus* L., *I. sibirica* L.). Изучение элементного состава надземной и подземной частей проводили по методике № М-02-1009-05 атомной спектроскопии. Математическую обработку данных осуществляли с помощью общепринятых методов вариационной статистики с использованием пакета программ AgCStat в виде надстройки Excel.

При анализе полученных данных выявлено, что суммарное содержание Cd, Fe, Mn в надземной и подземной частях исследуемых растений не превышает предельно допустимых концентраций. Также отмечено, что кумуляция Pb в сырье большинства анализируемых видов не выходит за пределы ПДК. Концентрации Cr и Ni, превышающие максимально допустимый уровень (МДУ) на 0,06-1,17 мг/кг наблюдали в надземных частях ирисов. Кумуляция As в надземных частях ирисов превышало ПДК на 0,78-1,69 мг/кг.

Таким образом, проведенный анализ показал, что в надземной части изученных видов кумулируется As в концентрациях, превышающих ПДК. Превышение уровня Cr, Cu, Ni, Pb отмечали в надземной части некоторых представителей ирисов. Содержание Cd, Fe и Mn у всех изучаемых растений находится в допустимых пределах.

Расчет коэффициента вариации показал, что содержание Mn и Fe характеризуются слабой или средней изменчивостью, независимо от вида сырья. По содержанию Cu у ирисов отмечали незначительную изменчивость. Содержание других изучаемых элементов также характеризовалось значительной вариабельностью.

Выявлено, что в надземной массе ирисов содержится большее количество As, Cr, Mn, Ni, в подземной – Cd, Cr, Fe, Mn, Ni. Кроме того, были построены ряды элементов в порядке убывания их содержания в исследуемом сырье: в надземных органах – Cu > Mn > Ni > Pb > Fe > As > Cr > Cd; в подземных – Cu > Mn > Ni > As > Pb > Fe > Cr > Cd.

Ключевые слова: ирис; тяжелые металлы; аккумуляция; Республика Башкортостан.

RESISTANCE OF ORNAMENTAL PLANTS TO HEAVY METALS

Reut A.A.*, Beksheneva L.F.

South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: *Iris*; heavy metals; accumulation; Republic of Bashkortostan

СПОСОБНОСТЬ PGP-БАКТЕРИЙ ПЕРЕМЕЩАТЬСЯ СОВМЕСТНО С МИЦЕЛИЕМ *TRICHODERMA HARZIANUM*

Рябова А.С.*, Гильванова Е.А., Галимзянова Н.Ф., Мильман П.Ю.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: alena.ryab2013@yandex.ru

В настоящее время известно, что в естественных условиях микроорганизмы существуют в виде многовидовых биопленок, которые значительно повышают их устойчивость к неблагоприятным факторам окружающей среды и могут способствовать распространению в пространстве и освоению питательных субстратов. Эти знания дают основание для создания сложных полифункциональных биопрепаратов на основе искусственных консорциумов микроорганизмов – как правило, в них входят микроскопические грибы и PGP-бактерии. Ряд штаммов бактерий, выделенных из природных экосистем, проявляли PGP свойства. Идентификация показала, что они принадлежат к видам *Pantoea* sp. IB-BF (MT809041) – продуцирующая ауксин и каротин, *Pseudomonas koreensis* ИБ-4 (KP306893), *P. mandelii* IB-K14 (MN865836.1) и *P. lini* IB E1-1, *P. stutzeri* IB-I6C (MW586119) – синтезируют ауксин и стимулируют рост корней пшеницы, *Janthinobacterium lividum* IB-SH-GOR – продуцирует красный пигмент продигиозин, обладающий бактерицидными свойствами, кроме того установлено, что штамм способен к синтезу ауксина. В качестве «вектора» был использован штамм *Trichoderma harzianum* ИБ-58, который проявляет антагонизм к фитопатогенным грибам, а также обладает высокой ферментативной активностью. В лабораторных опытах по совместному культивированию гриба и бактерии было изучено их совместное перемещение и способность преодолевать участки среды, имитирующие воздушные карманы ненасыщенных почв, где не поддерживается рост бактерий. Способность бактерий (*P. koreensis*, *P. mandelii* и *P. lini*) передвигаться вдоль гиф *Trichoderma* изучали на среде ½КГА при различных условиях: pH среды 5, 6, 7, 8, концентрация NaCl 1, 2 и 3%. Остальные штаммы изучали на среде КГА (pH 7) без добавления соли. Вырезали и удаляли полосу питательной среды шириной 5 мм в середине чашки Петри. У края чашки уколом вносили грибок, перед микромицетом наносили штрихом биомассу бактерий, с которой неизбежно контактировали распространяющиеся радиально грибные гифы и культивировали при 25°C в течение 7 сут.

Изучаемые штаммы бактерий образовывали биопленку с *Trichoderma harzianum*. Препятствие в виде разрыва среды бактерии преодолевали внутри и по поверхности гиф, а по достижению благоприятных условий на противоположной стороне разрывали часть гиф и продолжали расти на питательной среде, часть бактерий оставалась внутри мицелия. Таким образом, показано, что изученные PGP-бактерии *in vitro* способны образовывать совместные биопленки с микроскопическим грибом *Trichoderma harzianum*, что может обеспечить выживание, распространение и конкурентные преимущества для PGP-бактерий. Также изучение взаимодействия бактерий и грибов в целом может привести к лучшему пониманию механизмов образования их ассоциаций.

Ключевые слова: мицелий; *Trichoderma*; *Pantoea*; *Pseudomonas*; *Janthinobacterium*.

THE ABILITY OF PGP-BACTERIA TO MOVE WITH THE MYCELIUM OF *TRICHODERMA HARZIANUM*

Ryabova A.S.*, Gilvanova E.A., Galimzyanova N.F., Milman P.Yu.

Ufa Institute of Biology UFRS RAS, Ufa, Russia

Keywords: mycelium, *Trichoderma*; *Pantoea*; *Pseudomonas*; *Janthinobacterium*

ОЦЕНКА АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ *TRITICUM AESTIVUM* L. ПРИ СОЛЕВОМ СТРЕССЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО ФЕНОТИПИРОВАНИЯ

Савич А.С.*, Кошиц Т.О., Прохорчик П.О., Пшибытко Н.Л.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

*E-mail: an.sav1298@gmail.com

Засоление почв является одной из основных причин снижения урожайности сельскохозяйственных культур, приводит к замедлению роста, снижению качества продукции и даже к гибели растений. Поиск новых эффективных неинвазивных методов диагностики физиологического состояния растений по-прежнему остается актуальной задачей современного земледелия. В данной работе представлены результаты комплексного изучения адаптационных реакций двух генотипов *Triticum aestivum* L. ET8 и ES8, различающиеся по устойчивости к алюминиевому стрессу (Li et al., 2022), в ответ на засоление с использованием автоматизированной платформы фенотипирования Phenospex TraitFinder с датчиком Planteye F600 (мультиспектральная визуализация в красном (624-634 нм), зеленом (530-550 нм), синем (465-485 нм) и ближнем инфракрасном (720-750 нм) диапазонах) и гиперспектральной камеры Muses9-HS (пространственная визуализация спектра отражения в диапазоне 400-1100 нм). Растения культивировались в контролируемых условиях (21°C, 250 мкмоль квантов м⁻² с⁻¹, фотопериод 16/8 ч) на субстрате из торфа и вермикулита (1:1). Солевой стресс создавали путем полива растений 10 мМ – 150 мМ раствором NaCl начиная с 5-суточного возраста. Фенотипические параметры растений регистрировались ежедневно, гиперспектральные – на 30 сутки после обработки NaCl. Обнаружено, что растения линии ES8 (неустойчивая линия) демонстрировали ускоренный рост на ранних этапах онтогенеза, однако к 40-м суткам различия с линией ET8 (устойчивая линия) нивелировались. В условиях засоления у растений линии ES8 наблюдалось снижение нормализованного вегетационного индекса (NDVI) на 25-40% по сравнению с контролем, что могло свидетельствовать о снижении интенсивности фотосинтеза. Непосредственное измерение нетто-фотосинтеза с использованием портативной системы LI-6800 (LI-COR) подтвердило это заключение: скорость ассимиляции CO₂ была на 35,0±10,4% ниже в подвергнутых обработке NaCl растениях линии ES8 по сравнению с соответствующим необработанным контролем, и не изменялась при солевом стрессе в растениях линии ET8. Анализ фенотипических данных также выявил 15-25% увеличение индекса старения растений (PSRI), что могло быть связано с деградацией хлорофилла и повышением доли защитных пигментов. Гиперспектральный анализ подтвердил эти наблюдения: у линии ES8 при солевом стрессе было обнаружено повышение коэффициентов отражения в диапазоне 500-670 нм, характерное для уменьшения содержания фотосинтетических пигментов. В ближнем инфракрасном диапазоне (700-1000 нм) у данной линии регистрировалось повышение отражательной способности, указывающее на изменение структуры мезофилла. Полученные данные свидетельствуют о более высокой устойчивости фотосинтетического и пигментного аппарата, а также ростовых процессов растений *Triticum aestivum* L. генотипа ET8 к солевому стрессу, вызываемому NaCl, по сравнению с ES8.

Работа выполнена в рамках задания ГПНИ «Конвергенция-2025» (№ ГР 20211734).

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., засоление, высокопроизводительное фенотипирование, гиперспектральная визуализация

EVALUATION OF ADAPTIVE RESPONSES OF *TRITICUM AESTIVUM* L. LINES TO SALT STRESS USING DIGITAL PHENOTYPING METHODS

Savich A.S. *, Koshchits T.O., Prohortchik P.O., Pshybytko N.L.

Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Avenue, Minsk, Belarus

Keywords: *Triticum aestivum* L., salt stress, high-throughput phenotyping, hyperspectral imaging

ОСОБЕННОСТИ РОСТОВОЙ И ГОРМОНАЛЬНОЙ РЕАКЦИИ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ К ЭТИЛЕНУ МУТАНТНЫХ РАСТЕНИЙ АРАБИДОПСИСА К ЗАСОЛЕНИЮ

Севостьянова А.О.*, Коробова А.В.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: anka.sevostyanova@yandex.ru

Натрий-хлоридное засоление приводит к значительным нарушениям в жизнедеятельности растений. Роль абсцизовой кислоты (АБК), этилена, цитокининов в регуляции адаптивных ответов хорошо изучена. Однако значение взаимодействия гормональных сигналов в этих условиях раскрыто далеко не полностью. Целью данной работы являлось выявление особенностей гормонального статуса (АБК, цитокинины) и роста нечувствительных к этилену мутантов *etr1-1* в сравнении с растениями исходного экотипа *Columbia* при натрий-хлоридном засолении.

Объектом исследования являются растения арабидопсиса исходного экотипа *Columbia* (Col-0) и нечувствительные к этилену мутанты *etr1-1*.

В возрасте трёх недель растения арабидопсиса по 12 штук были пересажены на плотки, плававшие на поверхности 10%-го раствора Хогланда-Арнона. В питательную среду половины растений был добавлен хлорид натрия до конечной концентрации 150 ммоль/л. Экспозицию на NaCl проводили ежедневно на 3 ч.

Через 4 суток засоление приводило к резкому снижению соотношения корень/побег у исходных растений (*Columbia*), у мутантных растений (*etr1-1*) данная реакция отсутствовала. Снижение соотношения массы корень/побег у *Columbia* происходило из-за торможения роста корней, тогда как масса побегов при засолении оставалась на уровне контрольных растений.

Интересно то, что у растений *Columbia* рост побегов при натрий-хлоридном засолении поддерживался несмотря на высокий уровень абсцизовой кислоты. Возможно, это связано с тем, что у растений *Columbia*, подвергшихся воздействию солевого стресса, наблюдалось увеличение концентрации цитокининов в побегах, которые поддерживали их рост. В то же время, у мутантных растений (*etr1-1*) не было зарегистрировано изменения как уровня абсцизовой кислоты в побегах, так и цитокининов.

Относительное торможение роста корней в условиях засоления - важная адаптивная реакция растений, поскольку она позволяет уменьшить площадь поглощения токсичных ионов. В наших экспериментах растения исходной линии *Columbia*, в отличие от нечувствительных к этилену мутантных растений (*etr 1-1*), проявили адаптивную ростовую реакцию, заключающуюся в торможении роста корней на фоне поддержания накопления массы побегов. Можно предполагать, что для регуляции этого адаптивного ответа важна чувствительность растений к этилену.

Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 25-24-00499 «Влияние засоления и АБК на содержание, распределение и транспорт ауксинов в зависимости от чувствительности растений арабидопсиса к этилену».

Ключевые слова: *Arabidopsis thaliana*; *etr1-1*; абсцизовая кислота; цитокинины; рост.

FEATURES OF GROWTH AND HORMONAL RESPONSE OF ETHYLENE- INSENSITIVE MUTANT ARABIDOPSIS PLANTS TO SALINITY

Sevostyanova A.O.*, Korobova A.V.

Ufa Institute of Biology of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: *Arabidopsis thaliana*; *etr1-1*; abscisic acid; cytokinins; growth

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА НА РОСТ КУЛЬТУР И СОСТАВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ *CHLORELLA VULGARIS*

Селезнева А.П.^{1*}, Кривова З.В.¹, Жигарьков В.С.^{1,2}, Мальцев Е.И.¹

¹ Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

² Институт фотонных технологий Курчатовского комплекса кристаллографии и фотоники НИЦ «Курчатовский институт»

*E-mail: seleznevaanna03@gmail.com

Микроводоросли – первичные продуценты в водных экосистемах, играющие важную роль в пищевых цепях. Их численность зависит от множества факторов среды, таких как количество нутриентов, освещённость, температура и многих других. Различные загрязнители так же оказывают сильное влияние на одноклеточные водоросли.

В настоящее время наночастицы золота за счёт своей высокой химической стабильности и оптических свойств находят всё более широкое применение в разных отраслях промышленности. Однако, использование наночастиц золота в индустрии может привести к их накоплению в окружающей среде и сопровождаться экологическими рисками.

В данном исследовании был проведён анализ влияния разных наночастиц золота на рост культур и состав жирных кислот *Chlorella vulgaris* Beijerinck (штамм MZ-G2). Микроводоросли в течение 28 дней культивировали на четырёх вариациях питательных сред с различными наночастицами золота (C = 1 мг/мл). Оценку темпов роста проводили с помощью автоматического счётчика клеток. Анализ состава жирных кислот был выполнен с использованием газовой хроматографии. Статистический анализ полученных результатов был выполнен с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с апостериорным критерием Tukey. Для выявления новых закономерностей был использован метод главных компонент (PCA).

По результатам эксперимента был сделан вывод о том, что присутствие наночастиц золота в концентрации 1 мг/л снижает продуктивность штамма *Chlorella vulgaris* MZ-G2. Максимальная концентрация клеток в культурах с добавлением золота составила 5,46 млн клеток/мл, в то время как концентрация клеток в контрольной культуре достигла 5,83 млн клеток/мл на момент окончания эксперимента. В профиле жирных кислот штамма MZ-G2 преобладали насыщенные жирные кислоты (от 71,06% до 84,64%), в частности, пальмитиновая (от 48,26% до 55,08%). Кроме того, для этого штамма было отмечено отсутствие мононенасыщенных жирных кислот. Присутствие разных наночастиц золота в питательной среде оказывало различное влияние на состав жирных кислот, в том числе, стимулировало накопление омега-3 жирных кислот (25,52% в сравнении с 21,80% в контрольной культуре).

Культивирование водорослей и анализ состава жирных кислот выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 124052200012-7 (номер темы FFES-2024-0001). Стрессирование водорослей выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 25-79-10125).

Ключевые слова: биоремедиация, жирные кислоты, микроводоросли, наночастицы.

EVALUATION OF THE EFFECT OF GOLD NANOPARTICLES ON GROWTH AND THE COMPOSITION FATTY ACIDS OF *CHLORELLA VULGARIS*

Selezneva A.P.^{1*}, Krivova Z.V.¹, Zhigarkov V.S.^{1,2}, Maltsev Y.I.¹

¹ K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS

² Institute of Photon Technologies, Kurchatov Complex of Crystallography and Photonics, National Research Center Kurchatov Institute

Key words: bioremediation, fatty acids, microalgae, nanoparticles

ВОЗОБНОВЛЕНИЕ СОСНЫ КОХА В КАРАУГОМСКОМ УЩЕЛЬЕ РСО-АЛАНИЯ

Симоненкова В.А.^{1*}, Симоненков В.С.², Попов К.П.³

¹ Оренбургский государственный аграрный университет, Оренбург, Россия

² Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

³ ФГБУ «Заповедная Осетия-Алания», Алагир, Россия

*E-mail: simon_vik@mail.ru

В статье рассмотрено естественное возобновление сосны Коха в горных условиях Караугомского ущелья Республики Северная Осетия – Алания. Караугомское ущелье находится на территории национального парка, входящего в состав особо охраняемых территорий ФГБУ «Заповедная Осетия-Алания», имеет повышенную рекреационную нагрузку, т.к. по нему проходит экологическая тропа к одному из самых крупных ледников – Караугому. Тип леса – сосняки зеленомошные – сосняки брусничные. В подлеске встречается в среднем 4-5 видов пород. Он развит слабо или отсутствует местами. Категория санитарного состояния деревьев – ослабленные. Подрост сосны Коха характеризуется как благонадежный и имеет среднюю густоту, встречается по всей площади более или менее равномерно. На долю мелкого подроста приходится 84,1%, на долю среднего – 11,2, на долю крупного – 4,7%. Причинами практически отсутствия крупного подроста являются постоянные снежные лавины с рядом расположенных горных склонов, которые ломают крупный подрост, а также наличие обыкновенного шютте сосны, которое сильно поражает растения до 8 лет, приводя их к быстрой гибели. В живом напочвенном покрове преобладают двудольные – 90%. Представлены мхи – 5%. На долю злаков приходится 15%. В целом можно считать, что естественное возобновление сосны Коха в Караугомском ущелье удовлетворительное.

Ключевые слова: естественное возобновление, подрост, сосна Коха, Дигорское ущелье, ледник Караугом.

REGENERATION OF KOKH PINE IN THE KARAUGOM GULF OF RSO-ALANIA

Simonenkova V.A.¹, Simonenkov V.S.², Popov K.P.³

¹ Orenburg State Agrarian University, Orenburg, Russia

² Orenburg State University, Orenburg, Russia

³ Federal State Budgetary Institution "Zapovednaya Ossetiya-Alania", Alagir, Russia

The article discusses the natural regeneration of Koch pine in the mountainous conditions of the Karaugom Gorge in the Republic of North Ossetia-Alania. The Karaugom Gorge is located within the national park, which is part of the protected areas of the Federal State Budgetary Institution "Zapovednaya Ossetiya-Alaniya", and has a high level of recreational activity due to the presence of an ecological trail leading to one of the largest glaciers, Karaugom. The forest type is green moss pine forest, with a mix of lingonberry and red pine. The undergrowth consists of an average of 4-5 species. It is poorly developed or absent in some areas. The sanitary condition of the trees is weak. The undergrowth of Koch pine is characterized as reliable and has an average density, and it is more or less evenly distributed throughout the area. The small undergrowth accounts for 84.1%, the medium-sized undergrowth accounts for 11.2%, and the large undergrowth accounts for 4.7%. The reasons for the almost complete absence of large undergrowth are the constant snow avalanches from nearby mountain slopes, which break large undergrowth, as well as the presence of common pine scab, which severely affects plants up to 8 years old, leading to their rapid death. Dicotyledonous – 90% predominate in the living ground cover. Mosses are represented – 5%. Cereals account for 15%. In general, it can be considered that the natural regeneration of Koch pine in the Karaugom Gorge is satisfactory.

Keywords: natural regeneration, undergrowth, Koch pine, Digorsk Gorge, Karaugom Glacier

ЗЕРНОВЫЕ ВИДЫ АМАРАНТА ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ВИР ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РФ

Соколова Д.В.*, Зарецкий А.М., Асланова А.А., Шеленга Т.В.

Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР), Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: dianasokol@bk.ru

Амарант (*Amaranthus* L.) – перспективная сельскохозяйственная культура многоцелевого назначения, распространенная в умеренных, субтропических и тропических зонах. Виды зернового направления использования (*A. cruentus* L., *A. hypochondriacus* L. и *A. caudatus* L.) происходят из Центрально- и Южноамериканского регионов. Культура обладает большим генетическим разнообразием, фенотипической пластичностью, высокой адаптивной способностью к неблагоприятным условиям среды, является рекордсменом по содержанию полноценного безглютенового белка в семенах и листьях с оптимальным соотношением аминокислот, определяющих его высокую пищевую ценность. Коллекция гермоплазмы амаранта, хранящаяся в Всероссийском институте генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, уникальна по своему происхождению и разнообразию, представляет интерес для поиска источников хозяйственно-ценных признаков.

В связи с глобальным потеплением климата продвижение амаранта в более северные регионы является актуальным. Северо-Западный регион РФ – это малоизученная область выращивания амаранта: лимитирующими факторами являются короткий вегетационный период, затяжная весна и возвратные заморозки. Исследование посвящено созданию холодостойких и скороспелых исходных материалов для селекции.

В работе приведены результаты скрининга коллекции амаранта на скороспелость, урожайность, содержание белка и аминокислотный профиль. Отмечены морфологические особенности скороспелых генотипов, особенности их роста и развития, ключевые фазы онтогенеза. В докладе обсуждаются вопросы взаимосвязи абиотических факторов с наступлением фаз онтогенеза. Содержание белка в семенах амаранта в среднем составило 13,92%, идентифицировано 17 аминокислот, из которых 8 – незаменимые. Способность амаранта синтезировать белок в константных значениях при выращивании культуры как в очаге происхождения, так и в Северо-Западном регионе России подтверждает крайне высокую пластичность культуры и большой потенциал для культивирования в различных регионах мира. Идентифицированные признаки скороспелых зерновых форм амаранта и выделенные генотипы важны для селекционных программ по созданию урожайных раннеспелых сортов с высоким содержанием белка и суммы незаменимых аминокислот.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 24-26-00218).

Ключевые слова: *Amaranthus* L.; раннеспелые образцы; фазы онтогенеза; урожайность семян; белок.

GRAIN SPECIES OF AMARANTH FROM THE VIR COLLECTION FOR GROWING IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-WEST REGION OF RUSSIA

Sokolova D.V.*, Zaretsky A.M., Aslanova A.A., Shelenga T.V.

Federal Research Center the N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR)

This research was supported by the Russian Science Foundation under Project No. 24-26-00218.

Keywords: *Amaranthus* L.; early maturity accessions; phases of ontogenesis; seed productivity; protein

ПРИРОДНЫЕ СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА В ВЫРАЩИВАНИИ ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ В ЛЕСНОМ ПИТОМНИКЕ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Стеценко С.К.*, Андреева Е.М., Терехов Г.Г.

ФГБУН Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*E-mail: stets_s@mail.ru

Лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.) является одной из основных хвойных пород в питомниках открытого грунта в Уральском регионе. Масштабы получения ее посадочного материала заметно ниже в сравнении с объемами, приходящимися на ель сибирскую и сосну обыкновенную. Причины этого связаны с низкой всхожестью семян данной породы и недостаточным поступлением их в уральские лесопитомнические хозяйства. Между тем, лиственница обладает рядом преимуществ перед другими хвойными деревьями с точки зрения ее хозяйственной и рекреационной ценности: она быстро растет в молодом возрасте, что облегчает уход за ее культурами и позволяет быстрее восстанавливать обезлесение; древесина лиственницы отличается высокими физико-механическими свойствами, что повышает устойчивость лесных участков к неблагоприятным погодным факторам. Повышению всхожести и количества стандартных семян лиственницы в короткие сроки выращивания лиственницы в лесном питомнике позволяет использование в агротехнических уходах стимулирующих препаратов. В эксперименте изучали реакцию семян лиственницы на предпосевную обработку ее семян препаратами, полученными из хвойной древесной зелени ели. Испытывался как сам препарат, так и его отдельные фракции – кислые и нейтральные компоненты.

Исследования выполнялись в полевом эксперименте. Опытный участок с деланками (1х1,5 м) располагался в питомнике Екатеринбургского городского лесничества (почва - суглинок средний песчано-пылеватый). Предпосевное замачивание в растворах препарата и его компонентов длилось 6 часов. В контроле для подготовки семян вместо стимуляторов использовали дистиллированную воду. Сеянцы выкапывали по окончании второго вегетационного сезона и проводили сравнительный анализ основных биометрических параметров и фитомассы, используя статистические методы.

Результаты эксперимента показали, что доля стандартных семян лиственницы в общем объеме посева увеличивалась от 11 до 33 % в вариантах с использованием биостимуляторов. Дальнейший анализ изменения параметров, проведенный в группе стандартных семян (как в контрольном, так и в вариантах с препаратами), показал, что в большинстве вариантов обработка стимулятором приводила к увеличению в два раза диаметра стволика. Высота увеличивалась от 13 до 50 %. Накопление фитомассы надземной части у семян в вариантах с обработкой происходило быстрее, чем подземной. В вариантах с обработкой семян экстрактивными веществами с нейтральными свойствами положительные изменения биометрических показателей и фитомассы лиственницы были более выражены.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН» №123112700125-1

Ключевые слова: древесная зелень ели; лиственница сибирская; лесной питомник.

NATURAL GROWTH STIMULATORS IN CULTIVATION OF SIBERIAN LARCH IN A FOREST NURSERY IN THE MIDDLE URALS

Stetsenko S.K.*, Andreeva E.M., Terekhov G.G.

Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Keywords: the spruce greenery; Siberian larch; forest nursery

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РЯСКИ МАЛОЙ (*LEMNA MINOR*)

Сыса А.Г.*, Живицкая Е.П., Кравченя Н.И.

Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ, Минск, Беларусь

*E-mail: aliaksei.sysa@iseu.by

Загрязнение водных экосистем тяжелыми металлами является одной из наиболее острых экологических проблем. В природных условиях металлы редко присутствуют изолированно, чаще образуя сложные смеси, чье совокупное воздействие на гидробионты не может быть предсказано на основе данных по токсичности отдельных компонентов.

В настоящее время важными инструментами для оценки негативных последствий и предотвращения деградации окружающей среды считаются подходы, основанные на биоиндикации. Одним из наиболее широко используемых тестов для мониторинга токсичности водных ресурсов является тест на острую токсичность, проводимый с ряской малой (*Lemna minor*), благодаря ее высокой чувствительности к токсикантам, способности аккумулировать металлы и простоте культивирования.

В связи с этим, целью исследования стало изучение характера совместного токсического действия бинарных смесей ионов меди (II), цинка, свинца и железа (II) на морфо-физиологические показатели *Lemna minor*. Эксперименты проводились в диапазоне концентраций 0,1-10,0 мг/л, для построения кривых «доза-эффект» и расчетов значений ED₅₀ использовалась лог-логистическая модель.

Установлено, что по индивидуальной токсичности для *L. minor* (подтвержденной значениями ED₅₀) металлы располагаются в ряду $Zn^{2+} > Pb^{2+} > Fe^{2+} > Cu^{2+}$. Исследование бинарных смесей выявило сложные неаддитивные типы взаимодействий. Для комбинации Zn^{2+} (наиболее токсичный ион) и Cu^{2+} (наименее токсичный) наблюдался выраженный синергизм, что может быть связано с разнонаправленным механизмом действия: повреждение медью фотосинтетического аппарата усиливает общее метаболическое угнетение, вызываемое цинком. В то же время для смеси Zn^{2+} и Fe^{2+} был характерен антагонистический эффект, что может объясняться конкуренцией этих ионов за одни и те же ионные каналы и сайты связывания.

Полученные данные свидетельствуют о том, что оценка экологического риска на основе принципа аддитивности может приводить к существенным ошибкам. Как показано в настоящем исследовании, характер совместного действия металлов на *L. minor* зависит от их комбинации и концентрации, проявляясь в виде синергизма и антагонизма. Установленный факт подчеркивает необходимость изучения именно смесевых загрязнений для адекватного экологического мониторинга и нормирования.

Ключевые слова: биоиндикация; тяжелые металлы; ряска малая; синергизм; антагонизм.

ECOTOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF HEAVY METAL BINARY MIXTURES ON MORPHO-PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF LESSER DUCKWEED (*LEMNA MINOR* L.)

Sysa A.G.*, Zhyvitskaya E.P., Krauchenia N.I.

Belarusian state university, ISEI BSU, Minsk, Belarus

Keywords: bioindication; heavy metals; lesser duckweed; synergism; antagonism

**ХАРАКТЕРИСТИКА НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.)
ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ ВОЗОБНОВЛЕНИИ
НА ОТВАЛАХ КУМЕРТАУСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА
(РОССИЯ, РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)**

Тагиров А.Р.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

E-mail: albertoc22@mail.ru

Насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) произрастают на отвалах Кумертауского бурогоугольного разреза с 1982 г. Положительный результат лесной рекультивации отвалов подтверждается вступлением деревьев в период плодоношения. На территории отвалов, прилегающей к участку рекультивации отмечается успешное естественное возобновление сосны.

С целью выявления особенностей роста и развития сеянцев были выкопаны и проанализированы модельные растения сосны обыкновенной.

Установлено, что максимальная длина надземной части сосны по осевым приростам составляет 67,1 см, минимальная – 1,0 см.

У модельных растений изучены особенности формирования осевого прироста. Количество значений от 2 до 13 для каждой сосны. Минимальное значение от 0,1 см до 4,5 см. Максимальное значение от 0,7 см до 28,3 см. Среднее значение от 0,5 см до 11,18 см. Стандартное отклонение от 0,28 см до 7,56 см. Стандартная ошибка среднего значения от 0,16 см до 3,22 см. Коэффициент вариации от 27,75% до 118,0%.

Получена характеристика боковых приростов самосева сосны. Количество значений от 1 до 87 у каждой сосны. Минимальное значение от 0,1 см до 3,0 см. Максимальное значение от 0,1 см до 21,0 см. Среднее значение от 0,1 см до 6,57 см. Стандартное отклонение от 0 до 4,98 см. Стандартная ошибка среднего значения от 0 см до 1,29 см. Коэффициент вариации от 0% до 157,3%.

На основе описательной статистики установлен феномен высокой изменчивости осевого и боковых приростов, что обусловлено индивидуальной траекторией развития каждого растения. Об этом наглядно свидетельствуют линейные характеристики растений естественного возобновления сосны 8-летнего возраста, произрастающие на территории отвалов. Показано, что сумма осевых приростов у сосны №19 составляет 14,8 см, у сосны №7 – 15,2 см, у сосны №10 – 17,0 см, у сосны №23 – 23,2 см, у сосны №12 – 76,1 см. При этом сумма боковых приростов у сосны №19 составляет 10,8 см, у сосны №7 – 5,8 см, у сосны №10 – 3,0 см, у сосны №23 – 30,1 см, у сосны №12 – 571,9 см.

Показано, что в случае естественного возобновления успешный рост сеянцев сосны в высоту обеспечивает выход за пределы высоты травяного покрова. Это в свою очередь приводит к дальнейшему активному росту в высоту и увеличению размеров кроны растений.

Ключевые слова: сосна обыкновенная; отвалы; естественное возобновление.

**CHARACTERISTICS OF THE ABOVEGROUND PART
SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) UNDER NATURAL RENEWAL
ON THE DUMPS OF THE KUMERTAU BROWN COAL MINE
(RUSSIA, REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN)**

Tagirov A.R.

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Keywords: scots pine; dumps; natural renewal

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ОБОСНОВАНИИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ (РОССИЯ, РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН, Г. ТУЙМАЗЫ)

Тагирова О.В.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

E-mail: olecyi@mail.ru

Современные города характеризуются постоянным ростом численности населения, развитием и переформатированием промышленных предприятий, изменением инфраструктуры и увеличением площади. Площадь города увеличивается за счет перевода земель сельскохозяйственного назначения и земель государственного лесного фонда в земли поселений. В административных границах города кроме имеющихся объектов озеленения (уличные насаждения, скверы, парки, внутриквартальные насаждения) оказываются естественные лесные массивы и лесные культуры. Сохранение существующих городских лесных насаждений является приоритетной задачей при организации природопользования в городах. Организация и проведение работ по озеленению осложнена разнообразием видового состава городских насаждений (более 40 видов и форм деревьев и кустарников). При проведении оценки состояния насаждений в г. Туймазы установлено, что общее описание видового состава и таксационных показателей древесных насаждений не дает достаточных оснований для принятия решений и организации лесохозяйственных мероприятий. На основании комплексной оценки состояния насаждений установлено, что отрицательное действие природных и антропогенных факторов приводит к снижению устойчивости, биологической продуктивности, декоративных характеристик и сокращению длительности жизни древесных насаждений на 30%. При проведении опытно-производственных работ по оценке состояния насаждений и составления дендропланов отдельных территорий г. Туймазы показана применимость и работоспособность метода оценки относительного жизненного состояния как отдельных деревьев, так и насаждений в целом. Использование общепринятых таксационных методов характеристики деревьев и насаждений дает возможность выполнить оценку стоимости экологического ущерба и восстановительной стоимости насаждений. Данный подход использован при проведении экспертных работ при оценке причин и последствий гибели деревьев, при организации и проведении плановой реконструкции насаждений и сноса насаждений при строительстве зданий, сооружений и при реорганизации транспортной инфраструктуры города. На примере решения вопросов озеленения г. Туймазы апробирован алгоритм организации деятельности городских структур по оптимизации условий жизни людей и созданию комфортной среды. Учет лесорастительных условий и дендрэкологическая характеристика насаждений на основе оценки относительного жизненного состояния отдельных деревьев с учетом видовой принадлежности и возраста деревьев – оптимальное направление выработки обоснования и реализации мероприятий по сохранению, реконструкции, восстановлению и созданию городских зеленых насаждений. Работы по озеленению в городских условиях целесообразно проводить с использованием крупномерного посадочного материала местных видов деревьев и кустарников.

Ключевые слова: озеленение; дендрэкология; экспертиза состояния насаждений.

ASSESSMENT OF THE STATE OF WOODY PLANTS IN SUBSTANTIATION OF MEASURES FOR RECONSTRUCTION OF GREEN PLANTATIONS (RUSSIA, REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN, TUYMAZY)

Tagirova O.V.

Ufa Institute of Biology, Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: urban greening; dendroecology; examination of the state of plantings

СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ И РИЗОБАКТЕРИЙ НА РОСТ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ САЖЕНЦЕВ СПИРЕИ ЯПОНСКОЙ (SPIRAEA JAPONICA, L.F.)

Тимергалин М.Д.*, Иванов Р.С.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: timermmax@mail.ru

Спирея японская (*Spiraea japonica*, L.F.) является одним из популярных кустарников для городского озеленения. Повышение качества посадочного материала играет ключевую роль в успешном озеленении городских территорий, качественные саженцы способствуют более быстрому и равномерному росту растений, что сокращает сроки формирования зелёных зон и снижает затраты на их содержание и уход. Это особенно важно в условиях интенсивного городского строительства и необходимости быстрого восстановления нарушенных территорий. Одним из подходов для повышения качества саженцев могут быть препараты на основе гуминовых веществ, а также бактерий стимулирующих рост растений. Гуминовые вещества способствуют транспортировке и защите бактерий, облегчая их колонизацию корней, а также стимулируют выделение органических кислот из корней растений, которые служат источником питания для этих бактерий. В свою очередь, бактерии, стимулирующие рост растений, увеличивают доступность питательных веществ, способствуют выработке фитогормонов, развитию побегов и корней, а также помогают растениям противостоять различным стрессам. В исследовании продемонстрирован положительный кумулятивный эффект от применения препаратов гуминовых веществ и ауксинпродуцирующих штаммов ризосферных бактерий *Pseudomonas chlororaphis* 4CH и *Pseudomonas protegens* DA1.2 на рост и состояние саженцев спиреи. Растения после комбинированных обработок гуматами и бактериями имели большую массу побега и корня, у них отмечалось более высокое содержание хлорофилла и азотный индекс. Обработки увеличивали устьичную проводимость и снижали содержание флавоноидов. Оба штамма бактерий в сочетании с гуматами были в равной степени эффективными. Результаты исследования показывают перспективность совместного использования бактериальных препаратов с гуматами для повышения жизнестойкости и ускорения роста саженцев японской спиреи и, возможно, других декоративных кустарников и деревьев.

Исследование поддержано Российским Научным Фондом (грант № 25-26-00171).

Ключевые слова: Спирея; ризобактерии; гуминовые вещества; PGPB; ауксины.

THE EFFECT OF HUMATES AND RHIZOBACTERIA ON THE GROWTH AND VIABILITY OF JAPANESE SPIRAEA SEEDLINGS (SPIRAEA JAPONICA, L.F.)

Timergalin M.D.*, Ivanov R.S.

Ufa Institute of Biology, UFRS RAS, Ufa, Russia

Keywords: Spiraea; rhizobacteria; humic substances; PGPB; auxins

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОЧАСТИЦ АСПАРАГИНАТА ХИТОЗАНА И ЛИГНОСУЛЬФОНАТА В КУЛЬТУРЕ ТКАНЕЙ КАРТОФЕЛЯ *IN VITRO*

Ткаченко О.В.^{1,3*}, Денисова А.Ю.^{1,3}, Каргаполова К.Ю.^{1,3}, Позднякова Н.Н.^{2,3}, Щербаклова Е.В.^{2,3}, Шипенко К.М.³, Шиповская А.Б.³, Луговицкая Т.Н.⁴

¹ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия;

² Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – ФИЦ СНЦ РАН, Саратов, Россия

³ Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

⁴ Уральский федеральный университет имени Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

*E-mail: oktkachenko@yandex.ru

Изучали биологическую активность наночастиц *L*- и *D*-аспарагината хитозана, лигносульфоната по отношению к микрорастениям картофеля сорта Кондор в культуре *in vitro* при микроклональном размножении.

Микрорастения картофеля культивировали на жидкой среде Мурасиге-Скуга без гормонов с добавлением *L*- или *D*-аспарагината хитозана в концентрации 3 и 30 мг/л, лигносульфоната – 5 и 50 мг/л. Оценку биологической активности препаратов вели по совокупности морфометрических и биохимических признаков растений.

Под влиянием дисперсии наночастиц *L*-(*D*)-аспарагината хитозана достоверно увеличивалась масса побегов и корней. В присутствии *D*-аспарагината хитозана снижалось содержание хлорофилла *b*. Активность аскорбатпероксидазы в корнях увеличивалась, а в побегах снижалась, как и пероксидазы, при неизменном уровне каталазы. При добавлении в питательную среду наночастиц лигносульфоната повышалась масса побегов и корней, а также линейные размеры органов (в зависимости от концентрации). Активность каталазы снижалась в побегах в присутствии лигносульфоната. Под влиянием наночастиц всех типов изменялось отложение каллозы в корнях и листьях.

Биологическая активность в отношении микрорастений картофеля наблюдалась при использовании низкой концентрации (3 мг/л) нанокомплексов хитозана с аспарагиновой кислотой и более высокой концентрации (50 мг/л) наночастиц лигносульфоната.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект №24-16-00172, <https://rscf.ru/project/24-16-00172/>

Ключевые слова: *Solanum tuberosum* L.; культура *in vitro*; *L*(*D*)-аспарагинат хитозана; лигносульфонат; наночастицы

BIOLOGICAL ACTIVITY OF CHITOSAN ASPARAGINATE AND LIGNOSULFONATE NANOPARTICLES IN POTATO TISSUE CULTURE *IN VITRO*

Tkachenko O.V.^{1,3*}, Denisova A.Yu.^{1,3}, Kargapolova K.Yu.^{1,3}, Pozdnyakova N.N.², Shcherbakova E.V.^{2,3}, Shipenok X.M.³, Shipovskaya A.B.³, Lugovitskaya T.N.⁴

¹ Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

² Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov Federal Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

³ Saratov State University, Saratov, Russia

⁴ Ural Federal State University, Ekaterinburg, Russia

Keywords: *Solanum tuberosum* L.; *in vitro* culture; *L*(*D*)-chitosan aspartate; lignosulfonate; nanoparticles

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЭНДОСФЕРЫ КОРНЯ РАСТЕНИЙ *PLANTAGO SALSA*, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВАХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ И КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Тугбаева А.С.*, Ширяев Г.И., Дарказанли М.

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

*E-mail: anastasia.tugbaeva@urfu.ru

Эндосфера галофитных растений, включая *Plantago salsa* Pall., является биологическим ресурсом для получения изолятов солеустойчивых бактерий, способных стимулировать рост культурных растений в условиях засоления. Образцы корней *P. salsa* и почвы были собраны в августе 2024 года в трех местообитаниях: озеро Курги (Челябинская область), Горькое и Атавлы (Курганская область). Содержание ионов определяли в почвенной вытяжке (1:2.5) ионометрически и турбидиметрически. Почвы первых двух местообитаний имели умеренное сульфатно-хлоридное засоление, третьего – умеренное засоление хлоридного типа.

Для метагеномного анализа корни растений поверхностно стерилизовали, гомогенизировали в жидком азоте и выделяли ДНК (SKYAMP Soil DNA Kit, SkyGene NA, Россия). Секвенирование выполняли с использованием набора SQK-16S024 (Oxford Nanopore Technologies, Великобритания) и ячейки FLO-MIN106D. Биоинформатический анализ проводили в программах FastQC, Trimmomatic, Vsearch и Kraken2 (база данных Greengenes). Средняя длина прочтений гена 16s rRNA составила 1283 нуклеотида. Доминирующим типом в сообществах эндофитных бактерий был *Proteobacteria*, субдоминирующими типами – *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Firmicutes* и *Planctomycetes*. Выявлены виды бактерий с потенциалом к синтезу осмопротекторов, ИУК и АЦК-деаминазы: *Pseudomonas stutzeri*, *Azospirillum brasilense*, *Stenotrophomonas geniculate*, *Bradyrhizobium elkanii*, *Rhizobium leguminosarum* и *Bacillus flexus*.

Для получения культур бактерий использовали гомогенат стерильных корней (0,9% раствор NaCl). Полученный экстракт инкубировали при 28 °С в течение 2 часов в среде LB, после чего наносили штрихами агаризованную среду LB и культивировали в течении 2 дней при 28°С. Уровень синтеза ИУК определяли спектрофотометрически с реактивом Сальковского, уровень солибилизации фосфатов – на среде NBRIP с использованием ванадий-молибденового реактива, способность к азотфиксации – на агаризованной среде Эшби. Отобрано 32 солеустойчивых изолята (рост при 7% NaCl); 28% из них были грамположительные, 75% – спорообразующие. Морфологически изоляты были гетерогенными. К умеренной солибилизации фосфатов были способны 71% изолятов, 78% – к синтезу ИУК и 46% – к азотфиксации. Только один изолят показывал высокие значения по трем параметрам, 6 изолятов – высокую способность к синтезу ИУК и умеренную способность солибилизировать фосфаты. Эти изоляты были выбраны для дальнейших исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 24-76-10062, <https://rscf.ru/project/24-76-10062/>.

Ключевые слова: бактериальное разнообразие; галофиты; ризобиом; PGP-бактерии.

BIOTECHNOLOGICAL POTENTIAL OF THE ROOT ENDOSPHERE OF *PLANTAGO SALSA* PLANTS GROWING ON SALINE SOILS OF THE CHELYABINSK AND KURGAN REGIONS

Tugbaeva A.S.*, Shiryaev G.I., Darkazanli M.

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Keywords: bacterial diversity; halophytes; rhizobiome; PGP-bacteria

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СОСНЯКОВ НА ЗАЛЕЖАХ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Туктамышев И.Р.^{1*} Гимазетдинов В.Д.¹

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: ishatik@yandex.ru

В лесостепной зоне Башкирского Предуралья исследованы процессы естественного зарастания сельхозугодий сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Цель работы — выявить пространственные закономерности формирования сосновых насаждений (*Pinus sylvestris* L.) на заброшенных сельскохозяйственных землях лесостепной зоны Башкирского Предуралья.

Анализ проводился на четырех пробных участках в Белебеевском районе. Территория характеризуется расчленённым рельефом (перепад высот до 110 м) и умеренно-континентальным климатом со среднегодовой температурой около +3 °С и годовым количеством осадков порядка 450 мм. Для оценки изменений проективного покрытия крон применены данные мультиспектральных спутников Sentinel-2 и Landsat (2016–2022 гг.). Параметры крон рассчитывались в ячейках 30 × 30 м на основе зависимости яркости красного канала ранневесенних снимков от результатов летних наземных измерений, проверенных полевыми обследованиями.

Показано, что на начальных этапах лесовосстановления пространственные различия в сомкнутости крон относительно источников семян выражены слабо. По мере взросления насаждений влияние расстояния возрастает: к 2022 г. внутри 100 м от семенных деревьев сомкнутость достигала 70–90 %, тогда как на удалении более 500 м процесс шел заметно медленнее. Дополнительными факторами выступают микрорельеф, локальные ветровые режимы и низовые пожары, способствующие прорастанию семян за счет снижения конкуренции травостоя.

Полученные результаты демонстрируют, что колонизация залежей сосной определяется совокупностью расстояния до материнских деревьев, рельефа, ветровых условий и пирогенных воздействий. И использованный подход дистанционного зондирования позволяет эффективно отслеживать смену стадий сукцессии и может служить инструментом для прогноза лесовосстановительных процессов и оценки углеродного баланса постаграрных экосистем.

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 123020200001-5 «Анализ и прогноз влияния антропогенных факторов и климатических изменений на растительный покров Южно-Уральского региона».

Ключевые слова: пространственно-временные закономерности, сосна обыкновенная, неиспользуемые пашни, лесостепь, Башкирское Предуралье

SPATIAL PATTERNS OF SCOTS PINE STAND FORMATION ON ABANDONED LANDS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE BASHKIR CIS-URALS

Tuktamyshev I.R., Gimazetdinov V.D.

Ufa Institute of biology UFRS RAS, Ufa, Russia

Key words: spatiotemporal patterns, Scots pine, abandoned arable land, forest-steppe, Bashkir Cis-Urals

КАСПАЗО-ПОДОБНЫЕ ПРОТЕАЗЫ КАК ДЕТЕРМИНАНТЫ ПРОГРАММИРУЕМОЙ КЛЕТОЧНОЙ СМЕРТИ НЕСОВМЕСТИМЫХ ПЫЛЬЦЕВЫХ ТРУБОК ПРИ ОТДАЛЕННОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ У SOLANACEAE

Ульянов А.И., Голиванов Я.Ю., Захарова Е.В.*

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ), Москва, Россия

*E-mail: zakharova_ekater@mail.ru

Межвидовая/межродовая гибридизация остаются ключевыми подходами для получения новых, высокопродуктивных, устойчивых сортов. Во взаимодействиях пыльцы и пестика проявляются межвидовые/межродовые барьеры гибридизации (МБГ) у растений. Механизмы, лежащие в основе этих репродуктивных барьеров гибридизации, в значительной степени неизвестны. На этапах прорастания пыльцы, роста пыльцевых трубок (ПТ), оплодотворения, формирования семян, функционируют многочисленные генетически детерминированные механизмы несовместимости, препятствующие оплодотворению и формированию зародыша. Взаимодействия пыльца-пестик имеют решающее значение, поскольку пыльца отдаленно родственных видов растений не распознается клетками рыльца или распознается как чужеродная и не может прорасти ПТ и/или проникнуть в рыльце/столбик.

Было установлено, что самонесовместимые ПТ у *Petunia hybrida* E. Vilm. гибнут посредством программируемой клеточной смерти (ПКС) в проводниковых тканях пестика. При отдаленной гибридизации между *Petunia hybrida* E. Vilm. x *Nicotiana tabacum* L., *Petunia hybrida* E. Vilm. x *Salpiglossis sinuata* Ruiz & Pav. ПТ останавливают свой рост также как и при самонесовместимом опылении в проводниковых тканях пестика через 6-8 часов после опыления. Целью данной работы было выяснить происходит ли гибель несовместимых ПТ посредством ПКС и участие каспазо-подобных протеаз в этом процессе.

Кастрированные накануне эксперимента цветки петунии опыляли пыльцой табака или сальпиглоссиса, через 2 часа после опыления собирали пестики и готовили препараты для прижизненной визуализации каспазо-подобных протеаз. Визуализацию активности каспазо-подобных протеаз проводили с использованием Image-iT™ LIVE Green Poly Caspases Detection Kit (Invitrogen, Thermo Fisher Scientific, United States) под флуоресцентным микроскопом Leica Microsystems, Wetzlar, Germany. Через 2 часа после несовместимого опыления наблюдали яркий флуоресцентный сигнал в несовместимых ПТ в обоих вариантах скрещиваний. Зелёный флуоресцентный сигнал является прямым показателем количества активных каспаз, присутствовавшей в момент добавления реагента. Этот сигнал в ПТ указывал на наличие активности каспазо-подобных протеаз в клетке и это является доказательством того, что несовместимые ПТ гибнут посредством ПКС при функционировании МБГ.

Ключевые слова: *Solanaceae*; барьеры гибридизации, система пыльца-пестик, каспазо-подобные протеазы; программируемая клеточная смерть.

CASPASE-LIKE PROTEASES AS DETERMINANTS OF PROGRAMMED CELL DEATH OF INCOMPATIBLE POLLEN TUBES DURING DISTANT HYBRIDIZATION IN SOLANACEAE

Ulyanov A.I., Golivanov Y.Y., Zakharova E.V.

All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

Keywords: *Solanaceae*; hybridization barriers, pollen-pistil system, caspase-like proteases; programmed cell death

АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ПИГМЕНТНОГО КОМПЛЕКСА ХВОИ СОСНЫ И ЛИСТЬЕВ БЕРЁЗЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЮЖНО-УРАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Уразбахтин А.А.*, Галимов Р.Р., Уразгильдин Р.В.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: urazbaxtin1998@mail.ru

Различные загрязнители в составе промышленных выбросов вовлекаются в физиологические процессы в результате поглощения в процессе водного обмена и поступления через корневые системы. Это в свою очередь оказывает значительное влияние на пигментный комплекс (ПК) растений, вызывая как специфические, так и неспецифические адаптивные реакции (АР). Исследования проведены в пяти промышленных центрах Южно-Уральского региона с разными типами загрязнения для характеристики их воздействия на ПК хвои сосны обыкновенной и листьев берёзы повислой и качественной оценки выявленных АР: Стерлитамакский промышленный центр (СПЦ) – полиметаллическое загрязнение; Карабашский медеплавильный комбинат (КМК) – полиметаллическое загрязнение в сочетании с сернистым ангидридом; Учалинский горно-обогатительный комбинат (УГОК) – полиметаллическое загрязнение в условиях отвалов медно-колчеданной горнорудной промышленности; Кумертауский буроугольный разрез (КБР) – полиметаллическое загрязнение в условиях отвалов буроугольного разреза; Уфимский промышленный центр (УПЦ) – нефтехимическое загрязнение. Измерялись содержание хлорофиллов *a* и *b*, каротиноидов, а также вычислены соотношения «Хл *a* / Хл *b*» и «(Хл *a* + Хл *b*) / Каротиноиды».

Для обоих видов показана относительная независимость между АР ПК, когда наблюдаются различия в их АР к одному и тому же типу промышленного загрязнения. Сходные АР у сосны и берёзы выявлены только в условиях УГОК –наблюдается подавление ПК, что характеризуется «умеренно-стрессовой» АР для сосны и «стрессовой» для берёзы. Выявлены различия между берёзой и сосной в их АР к следующим типам загрязнения: 1. В условиях КМК у сосны различия между промзоной и контролем отсутствуют, что характеризуется «нейтральной» АР, а у берёзы наблюдается значительная стимуляция ПК, что характеризуется «толерантной» АР; 2. В условиях КБР у сосны наблюдается стимуляция ПК, что характеризуется «умеренно-толерантной» АР, а у берёзы различия между промзоной и контролем отсутствуют, что характеризуется «нейтральной» АР; 3. У берёзы в УПЦ в одинаковой мере доминируют «толерантные» и «стрессовые» АР, а в СПЦ наблюдается относительная независимость сразу всех АР, поэтому в этих условиях выделить преимущественную АР не представляется возможным, в то время как у сосны в УПЦ наблюдается значительная стимуляция ПК, что характеризуется «толерантной» АР, а в СПЦ различия между промзоной и контролем отсутствуют, что характеризуется «нейтральной» АР. Примеры «стрессовых» АР свидетельствуют о низком адаптивном потенциале сосны и берёзы к тем типам загрязнения, в которых они проявляются, и напротив, примеры «толерантных» АР свидетельствуют о высоком адаптивном потенциале сосны и берёзы.

Ключевые слова: промышленное загрязнение; сосна обыкновенная и берёза повислая; пигментный комплекс хвои и листьев; адаптивные реакции.

ADAPTIVE REACTIONS OF PIGMENT COMPLEX OF PINE NEEDLES AND BIRCH LEAVES UNDER CONDITIONS OF VARIOUS TYPES INDUSTRIAL POLLUTION IN THE SOUTH URAL REGION

Urazbakhtin A.A.*, Galimov R.R., Urazgildin R.V.

Ufa Institute of Biology, UFRC RAS, Ufa, Russia

Keywords: industrial pollution; pine and birch; pigment complex of needles and leaves; adaptive reactions

ВЛИЯНИЕ КОНЬЮГАТОВ ХИТОЗАНА С ОКСИКОРИЧНЫМИ КИСЛОТАМИ И *BACILLUS SUBTILIS* 26 Д НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ, УСТОЙЧИВОСТЬ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ

Фаткуллин И.Я.^{1*}, Черепанова Е.А.¹, Заикина Е.А.¹, Сорокань А.В.¹, Бурханова Г.Ф.¹, Марданшин И.С.², Пустовая А.Д.³, Яруллина Л.Г.¹

¹ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, Уфа, Россия

³ ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

*E-mail: ildus.fatkullin2017@yandex.ru

В настоящее время первостепенной задачей растениеводства является использование эффективных и безопасных для окружающей среды и человека средств защиты растений. Химическая модификация хитозана позволяет получать производные с повышенной растворимостью, антимикробными свойствами, ростостимулирующими и антиоксидантной активностью.

Исследования проводили в условиях Предуральской степной зоны Республики Башкортостан (Чишминское ОПХ, 2024 г) на семенных оздоровленных мини-клубнях в период вегетации картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Удача. Перед посадкой клубни и в период бутонизации растения обрабатывали растворами конъюгатов хитозана с феруловой (Хит-ФК) и кофейной (Хит-ФК) кислотами, суспензией бактерий *B. subtilis* и их смесями. Оценку устойчивости картофеля к возбудителю фитофтороза *Phytophthora infestans* проводили в лабораторных условиях на изолированных листьях. *B. subtilis* штамм 26Д и *P. infestans* были взяты из коллекции микроорганизмов ИБГ УФИЦ РАН.

Было изучено влияния конъюгатов хитозана с оксикоричными кислотами, *B. subtilis* 26Д и их смесей на содержание пероксида водорода, активность ферментов антиоксидантной системы (каталазы и пероксидазы) в период всходов, бутонизации и цветения, на урожайность качество клубней картофеля.

Показано, что производные хитозана как отдельно, так и в смеси с *B. subtilis* 26Д, снижали развитие возбудителя фитофтороза *P. infestans* на листьях растений картофеля. Механизмы повышения устойчивости растений под влиянием исследуемых биопрепаратов к инфицированию *P. infestans* были связаны с активацией компонентов про-/антиоксидантной системы (содержания пероксида водорода, активности каталазы и пероксидазы), что способствовало адаптации растений к стрессовым факторам среды. Совместное применение конъюгата Хит-ФК с *B. subtilis* 26Д повышало урожайность картофеля, положительно влияя на количество клубней и их качество.

Исследование выполнено в при финансовой поддержке гранта № 23-16-00139.

Ключевые слова: *Bacillus subtilis*; *Solanum tuberosum*; *Phytophthora infestans*; хитозан; оксикоричные кислоты; продуктивность; Республика Башкортостан.

EFFECT OF CHITOSAN CONJUGATES WITH OXYCINNAMIC ACIDS AND *BACILLUS SUBTILIS* 26 D ON PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS, STABILITY AND PRODUCTIVITY OF POTATO PLANTS

Fatkullin I.Ya.^{1*}, Cherepanova E.A.¹, Zaikina E.A.¹, Sorokan A.V.¹, Burkhanova G.F.¹, Mardanshin I.S.², Pustovaya A.D.³, Yarullina L.G.¹

¹ Institute of Biochemistry and Genetics, UFIC RAS, Ufa, Russia

² Bashkir Research Institute of Agriculture, UFIC RAS, Ufa, Russia

³ FSBEI HE Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Keywords: *Bacillus subtilis*; *Solanum tuberosum*; *Phytophthora infestans*; chitosan; oxycinnamic acids; productivity; Republic of Bashkortostan

АЗОТФИКСИРУЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В АГРОЦЕНОЗЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Федорова О.А.¹, Санеева Ю.Н.¹, Безлер Н.В.¹, Мартынов М.А.²

¹ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»

² ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»

*E-mail: fed-olga78@mail.ru

Наиболее количество азота в агроценозах накапливается благодаря жизнедеятельности азотфиксирующих микроорганизмов (симбиотических и свободноживущих), преобразующих атмосферный азот (N_2) в доступные для растений формы (аммоний NH_4^+ , нитраты NO_3^-). Для повышения продуктивности азотфиксации в настоящее время в сельскохозяйственной практике используют большое количество препаратов, содержащих специально отселекционированные высокоэффективные штаммы свободноживущих или симбиотических азотфиксаторов (Нитрагин, Ризоагрин, Ризознтерин, Мизорин, Флавобактерин, и др.). Цель настоящего исследования – определение способности культуры *Agrobacterium radiobacter* 184 – потенциального продуцента биопрепаратов для сахарной свеклы, фиксировать молекулярный азот атмосферы, а также влиять на накопление азота в форме легкоусвояемых соединений в почве. Исследования были проведены в 2023-2024 гг в лабораторных и полевых условиях на новом опытном поле ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова» в посевах сахарной свеклы (гибрид РМС 127) в зернопаропропашном севообороте с чередованием культур: пар – озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень. Суспензия ризобактерий *Agrobacterium radiobacter* 184 (титр 10^8 КОЕ/мл) в почву вносили под предпосевную культивацию. Об изменении содержания различных форм азота в ризосфере растений судили по накоплению щелочногидролизующего и нитратного азота в фазе смыкания междурядий, в начале периода интенсивного роста и перед уборкой.

В ходе проведения лабораторных исследований ацетиленовым методом на приборе ФГХ-1 была установлена способность культуры *Agrobacterium radiobacter* 184, выращенной на экспериментальной среде Федорова, фиксировать до 2,10 мкг N_2 /мл/ч молекулярного азота атмосферы. Полевыми исследованиями определено, что внесение суспензии в под предпосевную культивацию способствует накоплению в ризосфере сахарной свеклы в период интенсивного роста культуры до 22,3 мг NO_3^- /кг почвы (в контроле 12,7 мг NO_3^- /кг). Под влиянием интродукции штамма в почву ризосферы также наблюдалось накопление щелочногидролизующего азота в фазу смыкания междурядий до 157,1 мг/кг почвы (в контроле 144,3 мг/кг) и в период перед уборкой до 101,4 мг/кг почвы (в контроле 88,6 мг/кг). Положительные изменения в содержании основных форм азота под влиянием *Agrobacterium radiobacter* 184 способствует повышению урожайности корнеплодов сахарной свеклы у диплоидного гибрида РМС 127 на 3,3 т/га по сравнению с контролем (21,9 т/га), а также сбора сахара на 0,7 т/га по сравнению с контрольным вариантом (4,1 т/га). Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что внесение в почву под предпосевную культивацию сахарной свёклы штамма ассоциативных бактерий *Agrobacterium radiobacter* 184, обладающего способностью фиксировать азот, позволяет активировать пул микроорганизмов, участвующих в круговороте азота в ризосфере и почве, что ведет к увеличению содержания азота в форме щелочногидролизующего и нитратного, а также повышению урожайности сахарной свеклы.

Ключевые слова: азотфиксация; *Agrobacterium radiobacter* 184; нитратный азот; щелочногидролизующий азот, урожайность.

NITROGEN-FIXING MICROORGANISMS IN SUGAR BEET AGROCENOSIS

Fedorova O.A.¹, Saneeva Yu.N.¹, Bezler N.V.¹, Martynov M.A.²

¹ FSBSI «All-Russian research institute of sugar beet and sugar named after A. L. Mazlumov»

² FSBSI «Federal scientific center of legumes and grain crops»

Keywords: nitrogen fixation; *Agrobacterium radiobacter* 184; nitrate nitrogen; alkaline hydrolyzable nitrogen, crop yield

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАДМИЯ И СВИНЦА НА РАСТЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

Федорова Д.Г.*, Назарова Н.М., Гвоздикова А.М.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, Россия

*E-mail: DaryaOrlovaa24@rambler.ru

Главная задача исследования – анализ влияния поступления тяжелых металлов (ТМ) на анатомо-морфологические и физиолого-биохимические характеристики сельскохозяйственной масличной культуры *Helianthus annuus* L. 'Poseidon 625' в условиях аридизации климата. Выполнен полевой опыт по изучению реакций подсолнечника в онтогенезе на действие широкого диапазона металлов (Cd, Pb) в условиях недостаточного увлажнения. Установлено увеличение периода вегетации при Cd-стрессе, на фоне сокращения онтогенеза подсолнечника при влиянии Pb. В середине вегетации отмечено увеличение длины корня при избытке Cd на 39 % относительно контроля, под действием Pb – на 76 %, что при Pb-стрессе, обеспечивается за счет формирования системы главного корня, в отличие от Cd-стресса, где происходит развитие системы боковых корней. Скорость фотосинтеза находит отражение в увеличении концентрации фотопигментов, в том числе и каротиноидов, которые предотвращая окислительный стресс, отнимают избыток энергии у возбужденного хлорофилла и синглетного O₂ и рассеивают ее через процесс нерадиационной релаксации тепла, оказывая значимое влияние на нагревание листьев. При этом отмечена нетипичная отрицательная корреляция между оводненностью и водоудерживающей способностью. При Cd-стрессе установлено снижение урожайности на 35-45 %, на фоне увеличения содержания Pb в среде – на 64-70 % соответственно повышению концентрации ТМ. Класс качества семян контроля и растений, произрастающих при избытке Cd соответствует III категории сортовой подлинности. Вследствие низкой чистоты семян, полученных с растений, произрастающих на повышающихся концентрациях Pb посевной материал признан некондиционным. Установлен рост масличности семян при Cd-стрессе, с последующим уменьшением на тех концентрациях, под влиянием Pb-стресса масличность снижается на фоне увеличения концентрации Me до показателей контроля. Влажность семян при воздействии ТМ остается на 1 % ниже контроля, что не позволяет осуществлять их хранение при ограничительной норме в 6 %. Кислотность семян в 2-2,3 раза превышает контроль. Мах исследуемая концентрация Cd значительно снижает показатель белка – на 37,1%. Выявлена гипераккумуляция Cd в побегах до 30 сут развития с последующим смещением накопления в корне. Pb в большей степени аккумулируется в подземной части растений, превышая содержания в побеге от 2,5 до 120 раз. Превышений Pb в семенах не выявлено. Содержание Cd в семенах достоверно нарастает, и уже на min концентрации Me превышает контроль в 2,3 раза, а на max – в 4 раза. Установлено что Cd оказывает существенное влияние на увеличение экспрессии генов SOD I, SOD II, MTP10, PDRP I, HMA3 больше, чем Pb. Т.к. специфических транспортеров Cd не обнаружено, предполагается, что его транспорт сопровождается транспортом других Me с помощью транспортеров с более низким сродством к Cd.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10060 (<https://rscf.ru/project/23-76-10060/>).

Ключевые слова: засуха; тяжелые металлы; подсолнечник; аридный климат.

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE EFFECTS OF CADMIUM AND LEAD ON SUNFLOWER PLANTS UNDER CONDITIONS OF INSUFFICIENT MOISTURE

Fedorova D.G.*, Nazarova N.M., Gvozdikova A.M.

Orenburg State University, Orenburg, Russia

Keywords: drought, heavy metals, sunflower, arid climate

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АУКСИНПРОДУЦИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ *TULIPA* И *ALLIUM CERA*

Феоктистова А.В.*, Рамеев Т.В., Тимергалин М.Д., Четвериков С.П.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: feoktistova.arisha@yandex.ru

Исследования проводили на растениях тюльпана (*Tulipa* L.) сортов Rescue и Columbus и лука репчатого (*Allium cepa*) сорта Бонус. В работе использовали штаммы ауксинпродуцирующих бактерий *Pseudomonas protegens* DA1.2 (продукция ИУК 870 ± 63 нг/мл), *Enterobacter ludwigii* BLK (2000 ± 163 нг/мл) и *Pseudomonas chlororaphis* 4CH (837 ± 40 нг/мл).

Растения выращивали на гидропонике на питательном растворе. Тюльпаны опрыскивали суспензией бактерий с титром 4×10^8 КОЕ/мл, а обработку растений лука проводили путем непосредственного добавления суспензии в питательный раствор до титра 4×10^6 КОЕ/мл.

Обработка тюльпанов обоих сортов штаммами бактерий приводила к стимуляции роста (длина растений была на 10–15 % больше по сравнению с контрольными значениями) и ускорению бутонобразования (на 2–4 суток). Измерение хлорофилла в побегах тюльпанов показало увеличение его содержания на 16% при инокуляции бактериями только у сорта Columbus, а у сорта Rescue данный показатель был на уровне контроля. Все исследованные штаммы обладали ростостимулирующим эффектом, но наилучший результат наблюдали при обработке штаммом 4CH, как по длине побега, так и по количеству бутонов.

Оценка стимуляции корнеобразования при добавлении суспензий бактерий в питательный раствор на репчатом луке показала, что наиболее эффективным был штамм бактерий 4CH, длина корней увеличивалась в 1,5 раза, а их масса в 2,8 раза по сравнению с контролем, также стимулировался рост побегов, длина и сырая масса увеличивалась в 1,6 раз. Штамм бактерий DA1.2 также обладал ростостимулирующим эффектом, но в меньшей степени. Однако штамм бактерий BLK при добавлении его в питательный раствор, наоборот, тормозил рост корней и побегов в 3 и 1,6 раза, соответственно. Это могло быть связано со способностью данного штамма к повышенной продукции ауксинов, а при добавлении суспензии непосредственно в среду произрастания высокое содержание экзогенного ИУК и приводило к торможению роста растений.

Таким образом, наиболее эффективным ауксинпродуцирующим штаммом в стимуляции роста, бутон- и корнеобразовании растений тюльпана разных сортов и лука репчатого при разных способах обработки был штамм *Pseudomonas chlororaphis* 4CH, который может служить основой будущего биопрепарата для использования в тепличных цветочных и овощных хозяйствах.

Ключевые слова: *Tulipa*; *Allium cepa*; ауксинпродуцирующие бактерии; стимуляция роста.

EFFICIENCY OF USING AUXIN-PRODUCING BACTERIA TO STIMULATE GROWTH OF PLANTS *TULIPA* AND *ALLIUM CERA*

Feoktistova A.V.*, Rameev T.V., Timergalin M.D., Chetverikov S.P.

Ufa Institute of Biology of the UFRS RAS, Ufa, Russia

Keywords: *Tulipa*; *Allium cepa*; auxin producing bacteria; growth stimulation

КЛИМАТОГЕННАЯ ДИНАМИКА И ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ВБЛИЗИ ВЕРХНЕГО ПРЕДЕЛА ЕЕ ПРОИЗРАСТАНИЯ НА ПОЛЯРНОМ УРАЛЕ В УСЛОВИЯХ ПРОШЛОГО И СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Фомин В.В.^{1*}, Михайлович А.П.^{1,2}, Рогачев В.В.¹, Агапитов Е.М.¹, Голиков Д.Ю.³, Черепанова О.Е.³, Медведева С.О.³

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

² Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

³ Институт Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*E-mail: fominvv@m.usfeu.ru

На Полярном Урале установлен факты снижения верхней границы леса в ходе Малого ледникового, продолжавшегося с конца XIII до конца XIX веков, с последующим ее подъемом в XX – начале XXI веков в ходе современного потепления климата. Результаты анализа образцов ископаемой древесины, собранной вдоль высотного градиента на наиболее продуваемом ветром участке склона из верхней части экотона (тундра с отдельно стоящими деревьями) до леса в нижней его части позволили установить, что возраст деревьев, произраставших и погибших на этом участке в прошлом, лежит в интервале от 60 до 207 лет. При этом дата их появления варьирует в интервале от 1552 до 1695 года, а гибели от 1670 до 1799 года. Это означает, что деревья, остатки которых были нами изучены, появились и погибли в ходе Малого ледникового периода.

Молекулярно-генетические исследования образцов хвои, собранной с 34 деревьев, произрастающих в разных частях экотона, позволили выявить 13 гаплотипов. Генетическое разнообразие для данной выборки составило $H_e=0.9127\pm0.0276$. Наиболее частыми являются гаплотипы H2 (23% выборки) и H10 – 11%. На эти два гаплотипа, а также гаплотипы H5, H7, H9 и H12 приходится 70% выборки. Генетическая структура популяции лиственницы сибирской на исследованной территории на Полярном Урале близка к генетическому профилю популяций данного вида, произрастающей в данном регионе. Для выявления возможных генетических линий требуется расширение числа регионов мтДНК, в первую очередь, разработанных и апробированных митохондриальных минисателлитных маркеров. Финансирование.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы Министерства науки и высшего образования FEUG-2023-0002.

Ключевые слова: изменение климата, пространственно-временная динамика, популяция генетическая структура, *Larix sibirica* Ledeb., Полярный Урал

CLIMATE-DRIVEN DYNAMICS AND GENETIC STRUCTURE FEATURES OF SIBERIAN LARCH POPULATION CLOSE TO UPPER LIMIT WOODY GROWTH VEGETATION IN THE POLAR URALS UNDER PAST AND MODERN CLIMATE CHANGE

Fomin V.V.^{1*}, Mikhailovich A.P.^{1,2}, Rogachev V.E.¹, Agapitov E.M.¹, Golikov D.Yu.³, Cherepanova O.E.³, Medvedeva S.O.³

¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

² Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

³ Botanical Garden Institute, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

Keywords: climate change, spatio-temporal dynamics, population, genetic structure, *Larix sibirica* Ledeb., Polar Urals

ВЛИЯНИЕ КОНСТИТУТИВНОЙ ЭКСПРЕССИИ БАКТЕРИАЛЬНОГО ГЕНА ХОЛИНОКСИДАЗЫ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКУЮ ХАРАКТЕРИСТИКУ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ ПЕТУНИИ

Халилуев М.Р.*, Варламова Н.В.

Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва, Россия

*E-mail: marat131084@rambler.ru

Цель настоящего исследования заключается в изучении роли конститутивной экспрессии гена холиноксидазы (*codA*) из *Arthrobacter globiformis*, снабженного лидерной последовательностью для накопления продукта экспрессии в пластидах, в трансгенных растениях *Petunia hybrida* Vilm сорта Белый шар на рост и развитие в контрольных условиях, а также при действии NaCl засоления. Независимые трансгенные растения были получены методом агробактериальной трансформации путем сокультивирования листовых эксплантов с разбавленной суспензией агробактерии с последующим культивированием на питательных средах, содержащих регуляторы роста для индукции процессов морфогенеза (базовая среда Мурасиге и Скуга с добавлением 2 мг/л 6-бензиламинопурина, 0,1 мг/л 3-индолилуснусной кислоты, 5 мг/л AgNO₃), а также антибиотиков для селективного отбора (25 и 50 мг/л канамицина) и элиминации агробактерии (100–300 мг/л тиментина). В результате было получено 25 независимых линий петунии сорта Белый шар, трансгенный статус которых подтвержден с помощью ПЦР анализа. Эффективность агробактериальной трансформации составила 31%. ОТ-ПЦР анализ доказал экспрессию целевого гена только у 5 из 25 трансгенных линий. T0-трансгенные линии петунии были адаптированы к почвенным условиям и выращены для получения семенного поколения, полученного в результате принудительного опыления пыльцой контрольных растений. Устойчивые к селективному антибиотику проростки поколения T1 петунии с хорошо развитыми корнями и побеговой частью без признаков хлороза были адаптированы к почвенным условиям и выращены в защищенном грунте для получения T2 семенного поколения. В процессе выращивания проведена сравнительная морфометрическая оценка контрольных и T1-трансгенных линий петунии. Установлено, что длина и диаметр побега, а также количество, и длина междоузлий у трансгенных линий были значительно больше по сравнению с нетрансформированным контролем. Кроме того, отличия были выявлены и у генеративных органов (большой диаметр венчика), а также его элементов (средняя длина тычинок и пестика). Достоверные отличия между контролем и T1-трансгенными линиями также выявлены по ряду морфометрических и физиолого-биохимических характеристик в условиях NaCl засоления *in vitro*.

Ключевые слова: *Petunia hybrida* Vilm; агробактериальная трансформация; глицинбетаин; окислительный стресс; NaCl засоление.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF TRANSGENIC PETUNIA PLANTS WITH CONSTITUTIVE EXPRESSION OF A BACTERIAL GENE ENCODING CHOLINOXIDASE

Khaliluev M.R.*, Varlamova N.V.

All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

Keywords: *Petunia hybrida* Vilm.; *Agrobacterium*-mediated transformation; glycine betaine; oxidative stress; NaCl salinity

ВЫЯВЛЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИТОСТИМУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПЛЕКСА ГРИБНЫХ И БАКТЕРИАЛЬНО-ГРИБНЫХ ЭКЗОМЕТАБОЛИТОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ГРИБОВ

Цивилева О.М.^{1*}, Шатерников А.Н.¹, Евсеева Н.В.¹, Ткаченко О.В.²

¹ Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН» (ИБФРМ РАН), Саратов, Россия

² Институт генетики и агрономии, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, Саратов, Россия

*E-mail: tsivileva_o@ibppm.ru

Снижение ростовых показателей и урожайности культивируемых растений в меняющихся климатических условиях и неблагоприятной экологической ситуации ведет к возрастанию роли применяемых фитостимуляторов в сочетании с дружественными природе подходами к развитию устойчивого сельскохозяйственного производства. Один из таких инновационных подходов включает исследование и применение продуктов на основе мицелиальных грибов. Ксилотрофные базидиомицеты, использованные в данном исследовании, относят к съедобным и/или лекарственным видам, "биофабрике" биоактивных внеклеточных субстанций. Взаимодействие этих грибных соединений экзополисахаридной природы (ЭПС) с растениями совершенно не изучено. В работе проведена физиолого-биохимическая характеристика двойных культур ксилотрофных базидиомицетов со стимулирующими рост растений ризобактериями (PGPR), выявлен вклад бактериального ассоцианта, получены ЭПС на основе моно- и бинарных культур микроорганизмов. Функционирование и регуляция про/антиоксидантных систем в растениях является одним из основных механизмов их стрессоустойчивости. Изучено влияние 60-ти препаратов ЭПС на физиолого-морфологические, биохимические показатели, накопление фотосинтетических пигментов, окислительно-восстановительные процессы в проростках пшеницы и микрорастениях картофеля. Полученные результаты дают основание оценивать ряд биопрепаратов-микробных ЭПС в качестве средства, стимулирующего рост и развитие растений пшеницы и картофеля.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L.; *Solanum tuberosum* L.; ксилотрофные базидиомицеты; PGPR; бактериально-грибные сокультуры

RESEARCH AND APPLICATION PROSPECTS OF PHYTOSTIMULATING PROPERTIES OF THE SET OF FUNGAL-AND-BACTERIAL EXOMETABOLITES IN MEDICINAL MUSHROOMS AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY

Tsivileva O.M.¹, Shaternikov A.N.¹, Evseeva N.V.¹, Tkachenko O.V.²

¹ Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

² Institute of Genetics and Agronomy, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Keywords: *Triticum aestivum* L.; *Solanum tuberosum* L.; xylotrophic basidiomycetes; plant-growth-promoting rhizobacteria; fungal-bacterial coculture

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА В СОЧЕТАНИИ С БАКТЕРИЯМИ РОДА *BACILLUS* НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ И ЕГО УСТОЙЧИВОСТЬ К ФИТОФТОРОЗУ

Черепанова Е.А.^{1*}, Яруллина Л.Г.¹, Фаткуллин И.Я.¹, Заикина Е.А.¹,
Марданшин И.С.², Сорокань А.В.¹

¹ Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

² Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: k_cherepanova@mail.ru

Исследовали влияние обработки клубней картофеля сорта Башкирский нанокмползитами на основе хитозана с кофейной кислотой (ХитКК), с феруловой кислотой (ХитФК) и серебром (ХитAg) в сочетании с эндофитными бактериями *Bacillus subtilis* (штаммы 26Д и 11ВМ), *B. thuringiensis* 11 штамма рост растений в условиях климатической камеры Спектр-15КР (Россия), работу про-антиоксидантной системы листьев и устойчивость к инфицированию возбудителем фитофтороза *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. В фазу цветения высота стеблей у предобработанных ХитAg растений была больше, чем в остальных вариантах (на 19% превышая контроль). Было показано, что на 5 сутки после инфицирования листьев картофеля поражения, характерные для фитофтороза, занимали 65-70 % листовых пластинок контрольных растений, а также обработанных *B. subtilis* 11 ВМ, что говорит об отсутствии эффективности данного штамма. ХитКК в значительной степени активировал работу про-антиоксидантной системы, чем объясняется его наиболее выраженное защитное действие по сравнению с остальными исследованными химическими соединениями (снижение площади инфицирования на 40% относительно контрольных показателей). При оценке продуктивности растений было выявлено, что максимальное количество клубней образовалось у обработанных Хит-ФК в сочетании с *B. subtilis* 26Д растений, а самый большой вес клубней с одного растения был у обработанных Хит-ФК+11ВМ. Самый большой средний вес одного клубня наблюдался у обработанных *B. thuringiensis* 11, *B. subtilis* 11 ВМ и Хит-КК. Таким образом, препараты, простимулировавшие рост растений в высоту, привели к образованию меньшего количества клубней и наоборот. При этом препараты, благодаря действию которых растения образовывали более крупные клубни, обладали защитным действием от фитофтороза благодаря способности влиять на работу компонентов про-антиоксидантной системы.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-16-00139.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*; *Phytophthora infestans*; нанокмползиты хитозана; про-антиоксидантная система; индуцированная устойчивость.

THE EFFECT OF CHITOSAN DERIVATIVES IN COMBINATION WITH BACTERIA OF THE GENUS *BACILLUS* ON THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF POTATO PLANTS AND THEIR RESISTANCE TO LATE BLIGHT

Cherepanova E.A.^{1*}, Yarullina L.G.¹, Fatkullin I. Ya.¹, Zaikina E.A.¹, Mardanshin I.S.²,
Sorokan A.V.¹

¹ Institute of Biochemistry and Genetics – a separate structural unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, 450054 Russia

² Bashkir Research Institute of Agriculture – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, 450059 Russia

Keywords: *Solanum tuberosum*; *Phytophthora infestans*; chitosans nanocomposites; pro-antioxidant system; induced resistance

БАКТЕРИИ, СПОСОБНЫЕ К СИНТЕЗУ И ДЕСТРУКЦИИ ФИТОГОРМОНОВ, В НИВЕЛИРОВАНИИ СТРЕССОВ РАСТЕНИЙ

Четвериков С.П.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

E-mail: che-kov@mail.ru

Сформирована рабочая коллекция устойчивых к ауксиновым и сульфонилмочевинным гербицидам микроорганизмов, способных к биосинтезу и деструкции фитогормонов разной химической природы: индолилуксусной кислоты (ИУК), абсцизовой кислоты (АБК), цитокининов. ИУК продуцировали 9 штаммов (в диапазоне 80-2000 нг/мл), АБК – 5 штаммов (на уровне 12-18 нг/мл), цитокинины – 4 штамма (в диапазоне 40-1100 нг/мл), из них одновременно ИУК и АБК – 3, ИУК и цитокинины – 2, цитокинины и АБК – 1. Часть из этих штаммов была способна и к деструкции фитогормонов.

Показано, что при гербицидном стрессе положительное действие на ростовые характеристики неустойчивого к засухе сорта пшеницы оказывали либо ауксинпродуцирующие (выше 850 нг/мл) бактерии, способные к деструкции ИУК, либо продуцент цитокининов в значительном количестве (выше 1000 нг/мл), а устойчивого к засухе сорта – продуценты ИУК и АБК, способные к их деструкции. Механизм положительного действия продуцента цитокинина был связан с перераспределением цитокининов из побегов в корень и накоплением там ауксинов, а ауксинпродуцирующих бактерий – с предотвращением окислительного стресса, увеличением содержания суммарного хлорофилла и уменьшением количества АБК в корнях растений.

В вегетационный сезон с количеством осадков, значительно превышающих среднегодовое значение, показано, что на зерновую продуктивность растений пшеницы положительно воздействовала обработка бактериями, продуцирующими ауксины в диапазоне 500-2000 нг/мл. В случае применения бактерий в баковой смеси с гербицидом Чисталан экстра максимальное положительное воздействие на урожайность не устойчивого к засухе сорта пшеницы оказывали бактерии – продуценты ауксинов в количестве 500-850 нг/мл, применительно к устойчивому сорту пшеницы продуценты ауксинов должны быть также деструкторами ИУК. Вне зависимости от гербицидной обработки оптимальным вариантом для стимуляции роста растений пшеницы являлось использование АБК-продуцирующих бактерий.

Полученные результаты служат обоснованием для создания биопрепаратов нового типа, совместимых с гербицидами и предназначенных для повышения урожайности сельскохозяйственных культур за счет смягчения стрессов, вызванных климатическими и антропогенными факторами.

Ключевые слова: бактерии; синтез и деструкция фитогормонов; стрессы растений; нивелирование.

BACTERIA CAPABLE OF SYNTHESIZING AND DEGRADING PHYTOHORMONES TO MITIGATE PLANT STRESS.

Chetverikov S.P.

Ufa Institute of Biology of the UFRC RAS, Ufa, Russia

Keywords: bacteria; synthesis and destruction of phytohormones; plant stress; stress mitigation

БИОСОРБЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ БАКТЕРИАЛЬНО-ГРИБНОГО КОМПЛЕКСА В ОТНОШЕНИИ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ

Шарапова И.Э.

Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

E-mail: i_scharapova@mail.ru

Изучена биоадсорбционная способность в отношении к тяжелым металлам Cd(II), Cu(II), Pb(II) бактериально-грибного комплекса на основе биомассы бактерий *P.carboxydivorans* и базидиомицета *P.tigrinus*. Исследования проводили с использованием водных растворов солей меди (50 мг/дм³), кадмия (50 мг/дм³) и свинца (100 мг/дм³) в пересчете на катионы металла ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O} = 196,16$ мг или 50 мг по Cu(II); $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O} = 137,20$ мг или 50 мг по Cd(II); $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 159,85$ мг или 100 мг по Pb(II)) в динамических условиях в течение 5 суток. Степень извлечения из водных растворов жидкофазной формой биопрепарата и иммобилизованной на материале-носителе формой составляла 28,1%–73,6%. Биологическая активность бактериально-грибного комплекса обеспечивала синергическое взаимодействие для эффективной сорбции тяжелых металлов (Cd(II), Cu(II), Pb(II)). В результате проведенных исследований изменения концентрации тяжелых металлов в водных растворах установлено, что эффективность извлечения и сорбционная способность биомассы бактериально-грибного комплекса в составе биомодифицированного материала в иммобилизованной на материале-носителе форме была выше, чем в составе жидкофазной формы биопрепарата. Степень извлечения составляла соответственно (Pb(II) – Cu(II) – Cd(II)): для биомодифицированного материала – (73,6%–50,5%–58,1%) и (50,4%–28,1%–28,4%) – для жидкофазного биопрепарата.

Ключевые слова: биопрепарат; биомодифицированный материал; сорбция; тяжелые металлы

BIOSORPTION ABILITY OF VARIOUS FORMS OF THE BACTERIAL-FUNGAL COMPLEX IN RELATION TO HEAVY METALS

Sharapova I.E.

Institute of agrobiotechnologies FRC Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

Bioadsorption ability in relation to heavy metals Cd(II), Cu(II), Pb(II) of bacterial-fungal complex based on the biomass of *P. carboxydivorans* bacteria and *P.tigrinus* basidiomycete has been studied. The studies were carried out using aqueous solutions of copper salts (50 mg/dm³), cadmium (50 mg/dm³) and lead (100 mg/dm³) in terms of metal cations ($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O} = 196.16$ mg or 50 mg for Cu(II); $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O} = 137.20$ mg or 50 mg for Cd(II); $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 = 159.85$ mg or 100 mg for Pb(II)) under dynamic conditions for 5 days. The degree of extraction from aqueous solutions by the liquid-phase form of the biopreparation and the form immobilized on the carrier material was 28.1%-73.6%. The biological activity of the bacterial-fungal complex provided a synergistic interaction for effective sorption of heavy metals (Cd(II), Cu(II), Pb(II)). As a result of the studies of changes in the concentration of heavy metals in aqueous solutions, it was found that the extraction efficiency and sorption ability of the biomass of the bacterial-fungal complex as part of the biomodified material in the form immobilized on the carrier material was higher than in the liquid-phase form of the biological product. The recovery rate was (Pb(II) – Cu(II) – Cd(II)), respectively: for biomodified material – (73.6%-50.5%-58.1%) and (50.4%-28.1%-28.4%) – for liquid-phase biological products.

Keywords: biopreparation; biomodified material; sorption; heavy metals

ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ПРОВОДИМОСТЬ И ФОРМИРОВАНИЕ АПОПЛАСТНЫХ БАРЬЕРОВ У ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ ТАБАКА, ЭКСПРЕССИРУЮЩИХ ГЕН АКВАПОРИНА ЯЧМЕНЯ

Шарипова Г.В.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

E-mail: g.v.sharipova@mail.ru

Повышенная экспрессия аквапоринов у растений обычно приводит к улучшению транспорта воды и повышению устойчивости к различным абиотическим стрессам. Это может привести к ускорению роста растений и потенциальному повышению урожайности. Однако в условиях сильного стресса, например, продолжительной засухи или высокой засоленности, повышенная водопроницаемость, вызванная сверхэкспрессией аквапоринов, может привести к чрезмерной потере воды растением. Чтобы предотвратить потерю воды из корней, находящихся в подсыхающей почве, растения создают апопластные барьеры (отложение лигнина и суберина в эндодерме и экзодерме). Ранее нами было показано, что одновременно с ускорением формирования апопластных барьеров ризосферные бактерии увеличивают уровень и активность водных каналов, что предотвращает снижение гидравлической проводимости. Есть предположение, что у растений может существовать механизм, обеспечивающий одновременно и увеличение уровня аквапоринов, и усиление апопластных барьеров. Цель данной работы: состояла в том, чтобы проверить, оказывает ли повышенный уровень аквапоринов влияние на формирование апопластных барьеров у растений табака, экспрессирующих *HvPIP2;1* ген ячменя под контролем конститутивного 35S промотора. Чтобы выявить возможный вклад водных каналов в увеличении гидравлической проводимости, мы обработали растения табака реактивом Фентона, который инактивирует аквапорины. Ингибирование аквапоринов не повлияло на гидравлическую проводимость растений табака со встроенным пустым вектором, но снижало ее более чем в два раза у трансгенных растений с модифицированной экспрессией генов аквапоринов. Окрашивание берберинном поперечных срезов корней табака выявило повышенное отложение суберина и лигнина в поясах Каспари трансформированных растений. Полученные нами результаты свидетельствуют о способности растений координировать процессы, от которых зависит гидравлическая проводимость растений, что очевидно важно для их адаптации к условиям обитания.

Ключевые слова: гидравлическая проводимость; апопластные барьеры; аквапорины.

HYDRAULIC CONDUCTIVITY AND FORMATION OF APOPLASTIC BARRIERS IN TRANSGENIC TOBACCO PLANTS EXPRESSING THE BARLEY AQUAPORIN GENE

Sharipova G.V.

Ufa Institute of Biology of UFRS RAS, Ufa, Russia

Keywords: hydraulic conductivity; apoplastic barriers; aquaporins

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПОЧВ ЕВРОПЕЙСКОЙ СУБАРКТИКИ (ВОРКУТИНСКИЙ Р-ОН, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

Шахтарова О.В.*, Денева С.В., Новаковский А.Б., Лаптева Е.М.

Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

*E-mail: olga.shakhtarova@mail.ru

Получены данные о содержании и профиле распределения макро- и микроэлементов (МиМЭ) в основных типах почв Большеземельской тундры, установлен региональный фоновый уровень содержания в них тяжелых металлов (ТМ). Однако, особенности перераспределения МиМЭ между структурными компонентами – внутрипедной массой агрегата (ВПМ), песчано-пылеватыми кутанами (СК) и конкреционными новообразованиями (ЖМК) – в почвах Субарктики исследованы частично. Цель данной работы – оценить особенности внутригоризонтной миграции МиМЭ в почвах Субарктики и вклад новообразований в почвенное самоочищение. Территория исследований представляет собой эрозионно-денудационно-аккумулятивную равнину с кислым глеевым классом миграции. В южной тундре в качестве объектов исследования выбраны глеезем криометаморфический целинный и постагрогенный, глеезем криотурбированный, в северной лесотундре – криометаморфическая почва и светлозем иллювиально-железистый. Названия почв и генетических горизонтов даны согласно принципам классификации почв России (2004/2008 гг.). Аналитические исследования почв выполнены согласно общепринятым в почвоведении методам. Оценка содержания ТМ в структурных компонентах исследованных почв показала, что СК характеризуются низким уровнем содержания Pb, Zn, Cu, Ni, а ВПМ и общая масса почвы (ОМ) – средним. В тоже время для ВПМ и ОМ горизонтов почв, имеющих криометаморфическую структуру (CRM-горизонты), отмечен повышенный уровень содержания Cd. Как правило, концентрация МиМЭ в СК и ВПМ ниже значений ОДК (ПДК) для суглинистых почв и не превышает региональный фоновый уровень. Практически для всех рассматриваемых МиМЭ выявлен их вынос из верхних горизонтов в нижние, чему способствуют: кислая реакция среды; нисходящая миграция Fe-органических соединений; слабая насыщенность основаниями. Дисперсионный анализ показал значимые различия ($p < 0,05$) для валовых форм МиМЭ в ВПМ и СК, тогда как между типами почв и генетических горизонтов существенных различий не выявлено. Расчет коэффициентов накопления (K_n), как отношение содержания МиМЭ в ВПМ и СК к ОМ, показал, что для исследованных почв характерно незначительное накопление МиМЭ в ВПМ ($K_n \sim 1-2$). В системе ОМ–ВПМ–СК в большей степени МиМЭ аккумулируются в ВПМ CRM-горизонтов. В ВПМ концентрируются Al, Mg, K, Na, Cd, V, Sr, в меньшей степени – Fe, Ca, Zn, Cr, Ba. В СК накопление МиМЭ практически не выражено ($K_n < 1$). По сравнению с ОМ, СК и ВПМ наиболее активная аккумуляция МиМЭ отмечена в ЖМК: Mn ($K_n \sim 4,4-56,5$), Co ($K_n \sim 4,0-38,9$), Ni ($K_n \sim 0,6-17,7$), Cd ($K_n \sim 3,1-12,9$), Pb ($K_n \sim 2,8-8,4$), As ($K_n \sim 3,3-8,4$), Cu ($K_n \sim 0,3-3,9$), Fe ($K_n \sim 2,6-4,2$). В ЖМК не наблюдается аккумуляции Ca, Mg, K, Na, Zn, Cr и Al ($K_n \sim 0,93-1,2$). Показано, что накопление МиМЭ в ЖМК почв южной тундры выше, чем в почвах лесотундры. Интенсивная аккумуляция ТМ в ЖМК представляет собой механизм защиты и очищения почв от ТМ и, может служить индикатором загрязнения почв.

Ключевые слова: элементный состав, структурные компоненты, суглинистые почвы.

CHEMICAL COMPOSITION OF STRUCTURAL COMPONENTS IN SOILS OF THE EUROPEAN SUBARCTIC (VORKUTA DISTRICT, THE KOMI REPUBLIC)

Shakhtarova O.V.*, Deneva S.V., Novakovsky A.B., Lapteva E.M.

Institute of Biology FRS Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia

Keywords: elemental composition, structural components, loamy soils

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЛЕСНЫХ ПОЧВ, СОХРАНИВШИХСЯ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Шергина О.В.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия

E-mail: sherolga80@mail.ru

На территории Иркутской области в 2020-2024 гг. была выполнена оценка экосистемных услуг почв в естественных лесах, формирующих зеленое пространство городов. Область исследования охватила Иркутск, Ангарск и Усолье-Сибирское – города, расположенные в пределах одного почвенного округа, характеризующегося преобладанием серых лесных почв под сосново-березовыми лесами. Главная цель работы заключалась в изучении влияния промышленного загрязнения и рекреационной нагрузки на экологическое состояние почв. Ключевыми аспектами исследования стали: геохимическое перераспределение потоков техногенных элементов и оценка детоксикационной способности почв, т.е. их возможность трансформировать и обезвреживать загрязняющие вещества. На основе полученных данных были выполнены многомерные статистические расчеты и применен картографический метод (Surfer 23.1 Build 162, QGIS 3.22.2/2.18), что позволило оценить степень устойчивости почв к антропогенной нагрузке, определить пределы (бальная оценка) их способности к самовосстановлению. Обнаружено, что низкий уровень экосистемных услуг обнаружен в городских лесах, расположенных в глубине жилых застроек, чаще всего это территории на небольшом расстоянии от центра города и вблизи промышленных территорий. В почвах этих лесов наблюдается выраженная деструкция гумусового вещества, что вызывает значительное падение содержания органических кислот и повышение щелочности почв до рНводн. 7,5 и выше. Свойства этих почв зависят от физико-механической адсорбции и хемосорбции иллювиальных горизонтов и выражаются в иммобилизации тяжелых металлов (ТМ) в составе комплексных соединений. Достаточный уровень экосистемных услуг установлен для большинства городских лесов, расположенных в небольших жилых кварталах. На этих территориях воздействие негативных факторов оказывает выраженное влияние на формирование химического состава почв за счет изменения морфоструктурных и физико-химических свойств. В почвах обнаруживается замедление процесса минерализации органического вещества, что проявляется в снижении количества гумуса и возрастании доли илистых компонентов почв на 20–30% в сравнении с фоном. Оптимальный уровень экосистемных услуг характерен для городских лесов, расположенных на окраинах городов в значительном удалении от крупных автомагистралей и не подпадающих под перенос промышленных эмиссий. Для лесных почв этих территорий зарегистрированы наименьшие коэффициенты концентраций ТМ, а также высокие значения доли устойчивых гуминовых кислот, способных удерживать питательные элементы в почвенном растворе и осуществлять аккумуляцию (детоксикацию) по отношению к ТМ. Данные исследования могут быть использованы для разработки стратегий управления городскими лесами, направленных на минимизацию негативного воздействия антропогенных факторов на почву и поддержание ее экологических функций. В частности, результаты исследования могут служить основой для разработки мер по снижению уровня загрязнения, планированию рекреационных зон и выбору наиболее устойчивых видов растений для городского озеленения.

Ключевые слова: устойчивость почв; уровни экосистемных услуг; городская среда.

STUDY OF ECOSYSTEM SERVICES OF FOREST SOILS PRESERVED IN URBANIZED AREAS

Shergina O.V.

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

Keywords: soil stability; ecosystem service levels; urban environment

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОЧАСТИЦ ТВЕРДОГО АЭРОЗОЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ХВОИ И ЛИСТЬЕВ ГОРОДСКИХ ДЕРЕВЬЕВ

Шергина О.В.

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск, Россия

E-mail: sherolga80@mail.ru

Проведено исследование состояния природных лесов и уровня загрязнения воздуха на территории города Иркутска, Восточная Сибирь. На 16-ти пробных площадях в различных районах города в режиме мониторинга проводились замеры концентрации аэрозольных частиц (PM_x) от 0,3 до 10 мкм и индекса качества воздуха (AQI). Оценка загрязнения лесов выполнялась через изучение степени адсорбции и накопления PM_x хвоей сосны обыкновенной и лиственницы сибирской, листьями березы повислой. Результаты показали высокий уровень накопления разноразмерных частиц хвоей и листьями, что свидетельствует о способности городских лесов эффективно очищать атмосферу. С применением метода сканирующей электронной микроскопии (SEM) были получены изображения поверхности хвои и листьев как с фоновых территорий, так и с загрязненных в городских лесах. Анализ количественных концентраций PM_x выполнялся с использованием методов EDS и EDAX, фокусируясь на содержании тяжелых металлов (ТМ). Выяснилось, что количество частиц, проникших внутрь хвои или листьев через устьица и покровные ткани, значительно превышает объем адсорбированных на поверхности – различие может достигать более чем двадцатикратного значения. Промывание хвои и листьев дистиллированной водой, имитирующее дождевой поток, показало снижение количества частиц на их поверхности, однако уровень внутриклеточного проникновения ТМ остался неизменным. Для выявления видовой специфики деревьев в очищении воздушной среды проводились расчеты коэффициента концентрации (K_c) для 15-ти ТМ, а также анализ суммарного показателя аккумуляции (Z_c) ТМ для хвои и листьев деревьев. Установлено, что виды древесных растений имеют различия в способности к накоплению токсикантов. Наибольшие значения Z_c зарегистрированы у лиственницы, которую отличают тонкие покровные ткани: эпидермис, кутикула и гиподерма. Листья березы показали несколько меньшие значения Z_c, а самые низкие показатели были характерны для хвои сосны обыкновенной. Это объясняется анатомическими особенностями: покровные ткани сосны обладают хорошей защищенностью благодаря восковому налету и плотной структуре, что снижает проникновение загрязнителей внутрь. В ходе исследования использовалась двухлетняя хвоя сосны, наиболее активная с физиологической точки зрения. Кроме того, благодаря круглогодичной активности сосна действует как эффективный фитофильтр. Таким образом, сосна является важным компонентом для поддержания экологического баланса в городских условиях. Листья березы, особенно молодые и клейкие, также демонстрируют высокую эффективность в захвате атмосферных поллютантов. Исследование показало, что сочетание трех доминирующих лесообразующих видов – сосны обыкновенной, лиственницы сибирской и березы повислой, взаимодополняет функции очистки воздуха от техногенных загрязнений. Тем не менее, наличие хронического техногенного воздействия на деревья приводит к ослаблению их жизнеспособности, что снижает регулирующие экологические функции городских лесов в целом.

Ключевые слова: городские леса; загрязнение атмосферного воздуха; фитофильтры.

STUDY OF SOLID AEROSOL MICROPARTICLES ON THE SURFACE OF NEEDLES AND LEAVES OF URBAN TREES

Shergina O.V.

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

Keywords: urban forests; air pollution; phytofilters

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОЗЕЛЕНИ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ АНОМАЛЬНЫХ СВЕТО-ТЕМНОВЫХ ЦИКЛОВ

Шерудило Е.Ш.*, Шибаетова Т.Г., Рубаева А.А., Левкин И.А., Икконен Е.Н., Нилова И.А., Титов А.Ф.

ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Институт биологии, Петрозаводск, Россия

*E-mail: sherudil@krc.karelia.ru

Вертикальные фермы предлагают новые подходы к выращиванию культур в контролируемых условиях и считаются одним из способов решения проблемы продовольственной безопасности. Их более широкое использование лимитируют цены на электроэнергию, поскольку расходы на нее составляют наибольшую часть в общей стоимости продукции. В связи с этим сохраняют высокую актуальность поиски решений, направленных на повышение рентабельности производства за счет снижения энергозатрат, одним из которых может стать применение аномальных свето-темновых циклов.

С этой целью микрозелень борago (*Borago officinalis* L.), пажитника (*Trigonella foenum-graecum* L.) и подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) выращивали на ковриках из агроваты в контролируемых условиях среды (температура 22°C, влажность воздуха 70, освещенность 150 мкмоль/(м² с), источники света - светодиодные светильники). Контрольные растения выращивали при фотопериоде 16/8 ч, опытные – с использованием аномального свето-темнового цикла 7 ч свет (10.00–17.00) /4 ч темнота (17.00–21.00) /9 ч свет (21.00–6.00) /4 ч темнота (6.00–10.00). Время для темновых фаз выбирали с учетом периодов пиковых нагрузок, т.е. максимальных в течение суток тарифов и затрат на электроэнергию. Интеграл дневного освещения (ИДО) был одинаковым – 8.6 моль/(м²сут). Растения выращивали до готовности к сбору урожая - 10 дней подсолнечник и 12 дней борago и пажитник.

Опыты показали, что использованный аномальный свето-темновой цикл не оказал значимого влияния на урожайность и пищевую ценность микрозелени всех трех культур. Не было отмечено и явных признаков окислительного стресса - увеличения содержания перекиси водорода, интенсивности перекисного окисления липидов или проницаемости мембран, хотя активность гваякол-пероксидазы была несколько выше по сравнению с контролем. При этом стоимость суточного потребления электроэнергии была снижена по сравнению с фотопериодом 16/8 ч на 32% при расчете по тарифу, дифференцированному по трем зонам суток (пиковая, полупиковая, ночная). Следовательно, для культур с непродолжительным продукционным циклом имеется реальная возможность повышения энергоэффективности производства за счет изменения распределения ИДО в суточном цикле.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект 23-16-00160).

Ключевые слова: вертикальные фермы; микрозелень; аномальные свето-темновые циклы; энергоэффективность

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF MICROGREENS PRODUCTION BASED ON THE USE OF ABNORMAL LIGHT-DARK CYCLES

Sherudilo E.G.*, Shibaeva T.G., Rubaeva A.A., Levkin I.A., Ikkonen E.N., Nilova I.A., Titov A.F.

Federal Research Center «Karelian Research Center of Russian Academy of Science», Institute of Biology, Petrozavodsk, Russia

Keywords: vertical farms; microgreens; abnormal light/dark cycles; energy efficiency

ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИЙ СТРЕСС У РАСТЕНИЙ И ЕГО ВИДЫ

Шибаета Т.Г.*, Титов А.Ф.

ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Институт биологии, Петрозаводск, Россия

*E-mail: shibaeva@krc.karelia.ru

Общей чертой всех растений является их приспособленность к суточному фотопериоду, при котором световой и темновой периоды чередуются в закономерном порядке. В геноме растений значительная часть генов светочувствительны и их активность ритмично изменяется в течение суток, что позволяет точно координировать ход метаболических процессов и определять сроки перехода к очередным этапам развития. Однако неожиданные и существенные по величине изменения фотопериода, например, его удлинение на несколько часов, вызывает у растений фотопериодический стресс, который сопровождается различными анатомо-морфологическими и физиолого-биохимическими изменениями, нарушениями и/или повреждениями, во многом сходными с теми, которые наблюдаются при воздействии других стрессоров.

Наши исследования и анализ литературы говорят о том, что характер реакции растений на фотопериодический стресс (смену фотопериода) прежде всего зависит от его интенсивности, т.е. продолжительности светового периода. Поэтому вслед за некоторыми другими авторами мы выделяем три основных его вида: а) мягкий (легкий), б) умеренный (средний) и в) жесткий (сильный). Возникающие при мягком стрессе в растениях изменения легко обратимы и не сопровождаются серьезными нарушениями. В отличие от этого умеренный стресс может вызывать не только различные изменения и нарушения, но и определенные повреждения, однако носящие обратимый характер. Последнее связано с включением защитных механизмов, обеспечивающих возвращение растений из состояния стресса в состояние нормы. Жесткий же стресс вызывает у них многочисленные нарушения и повреждения, значительная часть которых являются необратимыми, что в конечном счете может вести не только к гибели клеток и тканей, но и растения в целом. Данное разделение фотопериодического стресса на его виды позволяет лучше понять, почему при воздействии на растения фотопериодического стресса разной интенсивности их ответные реакции могут носить разнокачественный характер. Намеренно создавая стресс определенной интенсивности и продолжительности, мы получаем в свои руки новый инструмент управления ростом растений, что крайне важно при их выращивании с хозяйственными целями в закрытых системах (на фабриках растений), играющих все более значимую роль в решении проблемы продовольственной безопасности. Изменяя распределение интеграла дневного освещения в суточном цикле с учетом различных тарифов на электроэнергию в пиковые и непиковые часы, применяя аномальные свето-темновые циклы, при выращивании устойчивых к фотопериодическому стрессу растений имеется реальная возможность значительного повышения энергоэффективности производства.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект 23-16-00160).

Ключевые слова: фотопериодический стресс, фабрики растений; аномальные свето-темновые циклы, энергоэффективность.

PHOTOPERIOD STRESS AND ITS FORMS

Shibaeva T.G., Titov A.F.

Federal Research Center «Karelian Research Center of Russian Academy of Science», Institute of Biology, Petrozavodsk, Russia

Keywords: photoperiod stress; plant factories; abnormal light/dark cycles; energy efficiency

О ВОЗМОЖНОМ ПРИМЕНЕНИИ ЭКСТРАКТА ЛАМИНАРИИ (ОТХОДА ПЕРЕРАБОТКИ) ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ МИКРОЗЕЛЕНИ РАПИНИ И ГОРОХА

Шибаета Т.Г.*, Шерудило, Е.Г., Рубаета А.А., Левкин И.А.

ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Институт биологии, Петрозаводск, Россия

*E-mail: shibaeva@krc.karelia.ru

В промышленности основными компонентами, извлекаемыми из бурой водоросли ламинарии пальчаторассечённой (*Laminaria digitata* (Huds.) Lamouroux) являются альгиновая кислота и манит. Остальные компоненты водорослей классифицируют как отходы. В работе изучали возможность применения экстракта ламинарии (ТУ 10.39.30-025-41669896-2019, ООО «Архангельский водорослевый комбинат») при выращивании микрозелени рапини (*Brassica rapa* L. subsp. *sylvestris* L. Janch. var. *esculenta* Hort.) и гороха (*Lathyrus oleraceus* Lam., с. Мадрас). Серии экспериментов были проведены в климатических камерах в контролируемых условиях среды. Микрозелень выращивали в пластиковых контейнерах на агровате. Для увлажнения субстрата использовали растворы экстракта в концентрациях 0 (вода), 2,5, 5, 10, 25 и 50 мл/л.

По совокупности биометрических показателей (длина hypocotyle, сырой и сухой вес побегов, удельный вес листа, индекс робастности), показателей пищевой ценности (содержание хлорофилла, растворимых углеводов, белка) и оценке внешней привлекательности раствор в концентрации 10 мл/л показал наилучшие результаты.

Выбрав концентрацию раствора экстракта ламинарии 10 мл/л в качестве рабочей, была проведена серия сравнительных опытов с выращиванием микрозелени на воде, растворе экстракта ламинарии (10 мл/л) и на питательном растворе Хогланда. Кроме того, растения выращивали в разных температурных условиях (23°C и 15°C). Результаты показали, что в оптимальных условиях урожайность растений при выращивании на растворе экстракта ламинарии превышала на 61% таковую по сравнению с растениями, выращенными на воде, уступая при этом на 35% урожайности в варианте опыта с питательным раствором. Однако, при температуре 15°C урожайность рапини в вариантах «экстракт» и «питательный раствор» не отличалась и превышала таковую в варианте «вода» на 78%. По содержанию белка в оптимальных условиях растения в варианте «экстракт» также занимали промежуточное положение, а при 15°C не отличались от растений на питательном растворе, превышая на 30% растения, выращенные на воде. Активность антиоксидантных ферментов (каталазы, супероксиддисмутазы, аскорбатпероксидазы и гваякол-пероксидазы) была максимальной у растений, выращенных на растворе экстракта ламинарии в оптимальных условиях и при пониженной температуре, что свидетельствует о том, что экстракт ламинарии усиливает антиоксидантные свойства растений и тем самым повышает их пищевую ценность, что является важным показателем качества «функционального продукта».

Работа выполнена в рамках государственного задания КарНЦ РАН (FMEN-2022-0004) и договора с Межрегиональным научно-образовательным центром (НОЦ) мирового уровня «Российская Арктика: новые материалы, технологии и методы исследования» на выполнение НИР «Разработка способов применения отходов переработки бурых водорослей в качестве биостимуляторов, гербицидов и средств защиты растений».

Ключевые слова: бурые водоросли, отходы переработки, экстракт ламинарии, микрозелень.

ON THE POSSIBLE USE OF LAMINARIA EXTRACT (PROCESSING WASTE) FOR CULTIVATION OF RAPINI MICROGREENS AND PEA SHOOTS

Shibaeva T.G., Sherudilo E.G., Rubaeva A.A., Levkin I.A.

Federal Research Center «Karelian Research Center of Russian Academy of Science», Institute of Biology, Petrozavodsk, Russia

Keywords: brown algae, processing waste, laminaria extract, microgreens

СТИМУЛИРОВАНИЕ РОСТА ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАКТЕРИЙ *SERRATIA* SP. В УСЛОВИЯХ ХЛОРИДНОГО ЗАСОЛЕНИЯ СРЕДЫ

Ширяев Г.И. *, Воропаева О.В., Тугбаева А.С.

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

*E-mail: grigory.shiriaev@urfu.ru

Перспективным направлением повышения урожайности растений на засоленных территориях является использование биопрепаратов на основе PGPR, источниками которых могут служить солеустойчивые виды растений, такие как *Atriplex prostrata*.

Отбор материала проводился поблизости от оз. Атавлы (А) и Курги (К) в Курганской и Челябинской областях. Параметры почвы определяли в водной вытяжке (1:2,5) ионометрически и турбидиметрически. Ризобактерии *A. prostrata* выделяли методом истончающего штриха. Уровень синтеза индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) и солюбилизации фосфатов определяли спектрофотометрически с использованием реактива Сальковского и ванадий-молибденового реагента, способность к азотфиксации – на агаризованной среде Эшби. Идентификацию бактериальных штаммов проводили путем секвенирования гена 16S рНК. Изучение морфологических и физиологических параметров пшеницы проводилось для растений, выращенных в течение одной и двух недель при 75, 150 и 225 мМ NaCl. Поверхностно стерилизованные семена пшеницы обрабатывались клеточными суспензиями PGPR с оптической плотностью (D) 0,4 и 0,8 (при 600 нм).

На уч. А почва была нейтральной с умеренным уровнем засоления, на уч. К слабокислой с низким уровнем засоления. Из 48 полученных изолятов было отобрано 12 наиболее устойчивых к засолению ризобактерий обладающих 10 различными морфотипами. Все культуры были способны к солюбилизации фосфатов (101–401 мг мл⁻¹), четыре – к продукции ИУК (3,9–10,6 мг л⁻¹) и шесть – к азотфиксации. Для вегетационных опытов были выбраны две культуры: 104 (высокая солюбилизация фосфатов, средняя азотфиксация) и 121 (все исследованные PGP-свойства). Секвенирование гена 16S рНК позволило отнести обе культуры к роду *Serratia*.

Выявлено, что культуры 104 (D = 0,8) и 121 (D = 0,4 и 0,8) увеличивали энергию прорастания семян пшеницы на третьи сутки при 75 мМ NaCl. При 150 мМ имелась тенденция к увеличению энергии прорастания при обработке 121 (D = 0,4). При 225 мМ изменения энергии прорастания не происходило. На 7 сутки стимулирование всхожести семян выявлено при уровне засоления в 150 и 225 мМ NaCl. Показано, что 104 подавлял рост корня и побега проростков пшеницы, а 121 стимулировал рост корня и побега при 150 (D = 0,4 и 0,8) и корня при 225 мМ NaCl (D = 0,8). Изучение содержания фотосинтетических пигментов у двухнедельных растений пшеницы показало, что обработка культурой 121 увеличивала общее содержание хлорофиллов на 37–120%, а также каротиноидов на 24–86% при обработке 150 и 225 мМ NaCl. Таким образом культура 121 оказывала стимулирующий эффект на рост пшеницы в обоих концентрациях клеток суспензии при значительных уровнях засоления в 150 и 225 мМ NaCl.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант №24-76-10062, <https://rscf.ru/project/24-76-10062/>.

Ключевые слова: засоление; пшеница; ризосфера; PGP-бактерии.

STIMULATION OF WHEAT SEEDLINGS GROWTH USING *SERRATIA* SP. BACTERIA IN CHLORIDE SALINITY CONDITIONS

Shiryaev G.I.*, Voropaeva O.V., Tugbaeva A.S.

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

Keywords: salinization; wheat; rhizosphere; PGP-bacteria

БИОПРЕПАРАТЫ В ОЧИСТКЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД: ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Щемелинина Т.Н.*, Анчугова Е.М.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия

*E-mail: tatyana.komi@mail.ru

В опытно-промышленных испытаниях (ОПИ) очистки нефтесодержащих сточных вод оценивали биодеструктивный потенциал альго-бактериально-дрожжевого консорциума в свободной и иммобилизованной форме. В сточную воду очистных сооружений АО «КомиАвиаТранс» (г. Сыктывкар) однократно вносили консорциум, в загрязненную нефтью воду шламового амбара в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) вносили биогеосорбент. Воду очистных сооружений периодически аэрировали. Нефтеокисляющую способность и дегидрогеназную активность оценивали спустя 30 минут и 60 суток.

Внесение консорциума в загрязненную воду стимулировало процессы дегидрирования благодаря метаболической активности микроорганизмов, окисляющих нефтепродукты (НП) (табл. 1). По мере окисления НП отмечали снижение численности клеток и сопутствующее снижение дегидрогеназной активности.

В условиях опытно-промышленного эксперимента на очистных сооружениях АО «КомиАвиаТранс» была показана возможность оптимизации технологии очистки содержащих НП сточных вод путем однократного внесения альго-бактериально-дрожжевого консорциума в летний период. Эффективность очистки составила 91 % (таблица).

На шламовом амбаре ЯНАО, несмотря на проведение комплекса работ по реализации проекта очистки нефтезагрязненной воды в октябре при температуре $-3...+5$ °С, технология применения биогеосорбента доказала эффективность. Содержание НП в воде достигло нормативов ПДК (табл. 1).

Таблица 1 – Ключевые параметры ОПИ на водных объектах

Объект	НП	Дегидрогеназная активность, мг формазана /см ³			Содержание НП, мг/дм ³	
		30 минут	30 суток	60 суток	30 минут	60 суток
Очистные сооружения АО «КомиАвиаТранс»	Керосин рН воды 4,2	0,36±0,015	1,08±0,05	0,01	850±85	78±19
Шламовый амбар ЯНАО	Нефть рН воды 3,8	0,28±0,01	0,97±0,04	0,02	69±17	0,023

Работа выполнена по теме государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН № 125021201993-3 и при частичном финансировании ООО «БИОЭКОБАЛАНС».

Ключевые слова: нефтепродукты; сточная вода; биопрепараты; дегидрогеназная активность; очистка.

BIOREMEDIATION AGENTS FOR THE TREATMENT OF OIL-CONTAMINATED WASTEWATER: PILOT-SCALE TRIALS AND APPLICATION PROSPECTS

Shchemelinina T.N.*, Anchugova E.M.

Institute of Biology, Federal Research Centre Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia

Keywords: petroleum hydrocarbons; petroleum-contaminated water; biopreparations; dehydrogenase activity; treatment

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ НАЛИЧИЯ ПШЕНИЧНО-РЖАНОЙ ТРАНСЛОКАЦИИ 1RS.1BL В САМЫХ ВЫСЕВАЕМЫХ СОРТАХ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ПЕРИОД 2014-2024 ГГ.

Юлдашев Р.А.^{1*}, Авальбаев А.М.¹, Аллагулова Ч.Р.¹, Галимова А.А.¹, Сулейманов А.Ф.¹, Кузнецов К.М.²

¹ Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

² ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

*E-mail: ruslan.yuldashev@ufaras.ru

Пшенично-ржаная транслокация 1RS.1BL широко используется в селекции мягкой пшеницы по всему миру. Перенос короткого плеча 1R ржи в геном пшеницы обеспечивает комплексную устойчивость пшеницы к болезням и вредителям, а также способствует повышению адаптации к абиотическим стрессам, в частности к засухе. Основными донорами транслокации 1RS.1BL в российской селекции мягкой пшеницы стали сорта Кавказ и Аврора, районированные в 1970-е годы. Между тем, в связи с высокой скоростью возникновения новых рас фитопатогенов возникает закономерный вопрос об эффективности и целесообразности использования этой транслокации в современных селекционных программах мягкой пшеницы.

Цель работы состояла в исследовании наличия транслокации 1RS.1BL в самых высеваемых сортах яровой мягкой пшеницы, представленных в рейтингах 10 сортов (гибридов) лидеров сельскохозяйственных культур по объемам высева в РФ в период 2014-2024 гг., ежегодно составляемых ФГБУ «Россельхозцентр». Всего в исследуемый период в эти рейтингах фигурировал 21 сорт яровой мягкой пшеницы, а также 1 сорт двуручка – Тризо, культивируемый в России как яровая культура.

Методом ПЦР с использованием маркера SCM9 показано, что из 22 исследованных сортов транслокация 1RS.1BL детектировалась только в 3-х из них – Омской 38, Архате и Уралосибирской. При этом важно отметить, что эти сорта пребывали среди лидеров посевных площадей 1, 2 и 4 года, соответственно, тогда как в среднем по выборке сорта-лидеры оставались в топ-10 около 4,5 лет.

Полученные результаты позволяют предположить, что низкая частота встречаемости транслокации 1RS.1BL в самых высеваемых сортах яровой мягкой пшеницы в исследуемый период может быть связана с потерей защитного эффекта ассоциированных с ней генов резистентности и, как следствие, утраты целесообразности использования этой генетической интрогрессии в селекции яровой мягкой пшеницы.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L.; яровая мягкая пшеница, сорта-лидеры, пшенично-ржаная транслокация

RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE PRESENCE OF 1RS.1BL WHEAT-RYE TRANSLOCATION IN THE MOST WIDELY SOWED SPRING BREAD WHEAT VARIETIES IN THE RUSSIAN FEDERATION IN 2014-2024

Yuldashev R.A.^{1*}, Avalbaev A.M.¹, Allagulova Ch.R.¹, Galimova A.A.¹, Suleimanov A.F.¹, Kuznetsov K.M.²

¹ Institute of Biochemistry and Genetics – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technologies, Ufa, Russia

Keywords: *Triticum aestivum* L.; spring bread wheat; top cultivars; wheat-rye translocation

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОТДЕЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ПОЧВЕННЫХ И ПРЕСНОВОДНЫХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ (*CHLOROPHYTA*) ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОНОХРОМАТИЧЕСКОГО СВЕТА

Яковийчук А.В.^{1,2*}, Мальцева И.А.¹, Кочубей А.В.¹, Лысова Е.А.¹

¹ Мелитопольский государственный университет, Мелитополь, Россия

² Институт физиологии растений имени К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

*E-mail: alex.yakov1991@yandex.ru

Микроводоросли с высокой метаболической пластичностью – перспективный объект для получения ценных соединений. Исследования показывают, что свет различного спектрального состава и интенсивности оказывает воздействие на содержание метаболитов у разных штаммов микроводорослей. Это результат взаимодействия генетических и экологических факторов, создающих разнообразие метаболических профилей. Изучение закономерностей метаболических перестроек штаммов при воздействии света в привязке к типу биотопа может стать ценным инструментом в биотехнологии микроводорослей.

В качестве объектов исследования были выбраны штаммы, выделенные из биотопов с контрастными условиями обитания: почвенный штамм *Chlorococcum oleofaciens* CAMU MZ–Ch4 и пресноводный штамм *Coccomyxa elongata* Schmidle CAMU MZ–Ch64. Для изучения биохимических параметров штаммы культивировали при воздействии монохроматического света при длине волн: 631.9 нм (красный), 455.5 (синий) нм и 521.4 нм (зеленый) с интенсивностью 26, 90 и 150 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$ для каждой длины волны. Группы культивируемые при PPFD 26 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$ являлись контрольными.

При воздействии красного света интенсивностью 90 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$ установлено понижение содержания каротиноидов для MZ–Ch4 и MZ–Ch64 на 26.1 % и 36 % относительно контроля. При культивировании штаммов в зеленом свете интенсивностью 150 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$ содержание каротиноидов повышалось в 2,2 раза для MZ–Ch4 и в 1,3 раза для MZ–Ch64. Так же повышение PPFD инициировало снижение содержания липидов у штамма MZ–Ch4 независимо от его спектрального состава. Для MZ–Ch64 выявлен липогенный эффект синего и зеленого света. Максимум содержания липидов для MZ–Ch64 установлен при освещении зеленым светом интенсивностью 150 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$.

Так же наблюдалось усиление пероксидного окисления липидов для штамма MZ–Ch4 при воздействии зеленого света интенсивностью 150 $\mu\text{моль м}^2 \text{с}^{-1}$, а для MZ–Ch64 синего света той же интенсивности, в данных условиях коэффициент антиоксидантной активности клеток достигал максимального значения для обоих штаммов.

В целом, установлен специфический по составу спектра и интенсивности характер воздействия монохроматического света на биохимические параметры исследованных штаммов, что определяется их видовыми и экологическими особенностями.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 24-74-00132).

Ключевые слова: микроводоросли; липиды; каротиноиды; антиоксидантная активность; пероксидное окисление.

BIOCHEMICAL PARAMETERS OF INDIVIDUAL REPRESENTATIVES OF SOIL AND FRESHWATER MICROALGAE (*CHLOROPHYTA*) WHEN EXPOSED TO MONOCHROMATIC LIGHT

Yakoviichuk A.V.^{1,2*}, Maltseva I.A.¹, Kochubey A.V.¹, Pshenichnyi D.V.¹

¹ Melitopol State University, Melitopol, Russia

² K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology RAS, Moscow, Russia

Keywords: microalgae; lipids; carotenoids; antioxidant activity; peroxidation

ОСОБЕННОСТИ ВВЕДЕНИЯ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* У *CICHORIUM INTYBUS* СЕМЕЙСТВА *ASTERACEAE*

Якупова А.Б.^{1*}, Глушихина Е.И.², Кулуев Б.Р.³

¹ Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

² Оренбургский государственный медицинский университет, Оренбург, Россия

³ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: alfiram@yandex.ru

Цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.) традиционно применяется в пищевой промышленности, прежде всего, в качестве источника инулина. Он является источником вторичных метаболитов, обладающих антиоксидантными, седативными, противодиабетическими, антибактериальными и антивирусными свойствами (Zhang et al., 2014; Shaikh et al., 2016; Migliorini et al., 2019; Ширяева, Наумкин, 2020; Janda et al., 2021). Традиционные методы выращивания цикория ограничиваются низкой скоростью размножения семенами, зависимостью от погодных условий, неоднородностью потомства из-за перекрестного опыления и накоплением болезней при вегетативном размножении.

В настоящее время создание культур волосовидных корней (от англ. hairy roots) является одним из перспективных направлений в биотехнологии растений, так как их можно использовать в качестве продуцентов различных вторичных метаболитов. Поскольку сбор природного растительного материала сопряжен с рядом проблем, актуальным представляется получение культур *in vitro* цикория для последующей агробактериальной трансформации. Целью нашей работы являлось получение стерильных семядольных эксплантов цикория и их агробактериальная трансформация для получения культур волосовидных корней. Было показано, что чрезмерно агрессивная стерилизация может повредить живые ткани, снижая всхожесть и жизнеспособность семян, тогда как недостаточная обработка приводит к загрязнению среды. Поэтому важен подбор оптимального способа многоступенчатой стерилизации, обеспечивающего баланс между эффективностью обеззараживания и сохранением жизнеспособности семян. В ходе эксперимента было определено процентное соотношение числа полученных стерильных жизнеспособных семян к их общему количеству. В результате исследования получили стерильные семядольные экспланты цикория обыкновенного с применением многоступенчатой схемы стерилизации (3 способа) семян для последующей агробактериальной трансформации. Стерилизующими агентами для всех способов были этанол, гипохлорит натрия и перекись водорода в разной концентрации и времени обработки.

Эффективность стерилизации для первого и третьего способа составила 83% и 75% соответственно, выход жизнеспособного и стерильного материала – 25% и 20%, соответственно. Лучший результат показала многоступенчатая стерилизация семян вторым способом, где выход стерильного материала составлял 86%, выход жизнеспособного стерильного материала – 35%.

Ключевые слова: волосовидные корни; генетически трансформированные корни; многоступенчатая схема стерилизации; *Agrobacterium rhizogenes*.

INTRODUCTION TO *IN VITRO* CULTURE OF *CICHORIUM INTYBUS* OF THE *ASTERACEAE*

Iakupova A.B.^{1*}, Glushihina E.I.², Kuluev B.R.³

¹ Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

² The Orenburg State Medical University, Orenburg, Russia

³ Institute of Biochemistry and Genetics of UFRC RAS, Ufa, Russia

Keywords: hairy roots, genetically transformed roots, multi-stage sterilization scheme, *Agrobacterium rhizogenes*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА В СОЧЕТАНИИ С *BACILLUS SUBTILIS* ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЯ

Яруллина Л.Г.^{1,*}, Бурханова Г.Ф.¹, Черепанова Е.А.¹, Цветков В.О.², Заикина Е.А.¹,
Сорокань А.В.¹, Марданшин И.С.³, Фаткуллин И.Я.¹, Пустовая А.Д.¹, Калацкая Ж.Н.⁴

¹ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

³ Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, Уфа, Россия

⁴ Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь

*E-mail: yarullina@bk.ru

В современных условиях быстро изменяющегося климата, длительных периодов засухи, расширения ареала патогенов остро встает проблема экологически безопасных приемов защиты продовольственных культур с использованием биопрепаратов широкого спектра защитного действия. Важным звеном таких технологий может стать использование соединений на основе хитозана, поскольку они считаются активными активаторами иммунитета. Показано, что хитозан может быть использован для повышения биологической активности микробиологических препаратов на основе штаммов рода *Bacillus*. Введение в структуру хитозана новых функциональных групп, в т.ч. оксикоричных кислот, наночастиц металлов, позволяет создавать биопестициды с улучшенными свойствами.

Цель работы – изучение влияния новых производных хитозана на основе оксикоричных кислот и ионов металлов в сочетании с *Bacillus subtilis* на защитные механизмы растений картофеля, повышение их продуктивности и устойчивости к возбудителю фитофтороза.

Исследования проводили на растениях, выращенных из мини клубней картофеля (*Solanum tuberosum* L.) сорта Удача башкирской селекции, полученных в Башкирском НИИСХ УФИЦ РАН (г. Уфа). Растения выращивали в климатической камере (световой период 16 ч, 20–22°C) спектр -15KP (Россия) и на опытных делянках Чишминского Селекционного центра БНИИСХа УФИЦ РАН. Конъюгаты хитозана с кофейной (ХитКК) и феруловой (ХитФК) кислотами, нанокмпозиты хитозан-серебро (ХитAg) были синтезированы в Институте химии новых материалов НАН Беларуси. Устойчивость к возбудителю фитофтороза *Ph. infestans* оценивали методом искусственного инфицирования изолированных листьев.

Было показано, что обработка производными хитозана, как отдельно, так и в сочетании *B. subtilis* 26Д, снижала степень развития *Ph. infestans* на листьях картофеля. Механизмы повышения устойчивости растений картофеля были опосредованы накоплением пероксида водорода, изменением активности антиоксидантных ферментов и активацией транскрипционной активности генов PR-белков (*StPR1*, *StPR3*, *StPR5*, *StPR9*, *StPR10*). Применение конъюгата ХитФК и нанокмпозита ХитAg совместно с *B. subtilis* 26Д наиболее эффективно отражалось на повышении продуктивности картофеля и качестве клубней. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования препаратов на основе модифицированного хитозана и эндофитных бактерий *Bacillus subtilis* для защиты продовольственных культур от патогенов и повышения урожайности.

Работа выполнялась при финансовой поддержке гранта РНФ № 23-16-00139.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, *Bacillus subtilis*, *Phytophthora infestans*, хитозан; нанокмпозиты; продуктивность.

USE OF NEW CHITOSAN DERIVATIVES IN COMBINATION WITH *BACILLUS SUBTILIS* TO INCREASE THE STABILITY AND PRODUCTIVITY OF POTATOES

Yarullina L.G.^{1,2*}, Burkhanova G.F.¹, Cherepanova E.A.¹, Tsvetkov V.O.², Zaikina E.A.¹, Sorokan A.V.¹, Mardanshin I.S.³, Fatkullin I.Ya.¹, Pustovaya A.D.¹, Kalatskaja J.N.⁴

¹ Institute of Biochemistry and Genetics UFRC, Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

³ Bashkir Research Institute of Agriculture - a separate structural subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

⁴ Institute of Experimental Botany named after V.F. Kuprevich of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Keywords: *Solanum tuberosum*; *Bacillus subtilis*; *Phytophthora infestans*; chitosan; nanocomposites; productivity

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛАЗМИД БАКТЕРИЙ РОДА *SERRATIA*

Ясаков Т.Р.

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

E-mail: iasakovtimur@gmail.com

Бактерии рода *Serratia*, относящиеся к семейству *Enterobacteriaceae*, довольно широко распространены в окружающей среде, и могут вызывать инфекции человека, животных и насекомых. Некоторые становятся симбионтами растений. Характеризуются высокой геномной пластичностью, что в значительной степени обусловлено наличием в их геномах плазмид. Описаны плазмиды *Serratia* контролирующие устойчивость к антибиотикам и биодegradацию сырой нефти. Ранее была охарактеризована плазида pSM22 представителя вида *Serratia marcescens* выделенного из загрязнённых ксенобиотиками почв Республики Башкортостан, обеспечивающая своему хозяину конкурентное преимущество. А также была высказана гипотеза о редуccionной эволюции данной плазмиды. Накопленные в последние годы в базе данных NCBI последовательности полностью секвенированных плазмид *Serratia* позволяют проверить эту гипотезу.

Цель исследования: анализ распространения и возможных эволюционных путей образования плазмиды pSM22.

Объектами исследования являлись плазмиды бактерий рода *Serratia* структурно близкие к ранее изученной pSM22.

Среди массива плазмид бактерий этого вида обнаружены три плазмиды, а именно unnamed (CP139959), pATCC (CP041234) и unnamed (CP071245), имевшие диапазон длин от 43151 до 43189 т.п.н. и идентичность на уровне нуклеотидной последовательности от 99,92% до 99,99% с модельной плазмидой pSM22. Что указывает на то, что все четыре плазмиды являются потомками единой исходной плазмиды, и дает основание отнести их к линии pSM22-подобных. Сравнительно-геномный анализ этих плазмид с модельной плазмидой NR1 показал наличие у искомой группы плазмид неполного набора генов модуля конъюгации, что исключает их распространение посредством конъюгативного переноса. Также сравнительно-геномный анализ как обнаруженной линии плазмид, так и ряда других сложнее организованных плазмид бактерий рода *Serratia* (таких как SCBI_P1, PWN146p1 и др.) выявил как обширные области синтении между ними, так и высокой идентичности на нуклеотидном уровне.

Таким образом, в данной работе обнаружена линия широко распространенных pSM22-подобных плазмид. Получила подтверждение гипотеза об их появлении в результате редуccionной эволюции сложнее организованных плазмид *Serratia*.

Ключевые слова: плазмиды; *Serratia*; pSM22; эволюция

STRUCTURAL FEATURES OF PLASMIDS OF BACTERIA OF THE GENUS *SERRATIA*

Iasakov T.R.

Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: plasmids; *Serratia*; pSM22; evolution

Аналитическое оборудование для изучения биологических объектов и сред

АЗИМУТ ФОТОНИКС является поставщиком систем мультиспектрального анализа для задач фенотипирования и оборудования от ведущих мировых производителей на территорию России и СНГ.



- **Неразрушающий контроль качества продуктов**
 - Портативные ИК анализаторы



- **Измерение концентрации газов**
 - Газоанализаторы атмосферы
 - Газоанализаторы почвы



- **Гиперспектральная визуализация**
 - Гиперспектральные камеры



- **Контроль среды**
 - Вегетационные камеры
 - Измерители освещения



- **Изучение фотосинтеза**
 - Системы визуализации
 - Флуориметры



- **Изучение водного стресса растений**
 - Камеры Шоландера



Москва
ул. Шаболовка, д. 10, корп. 1
(м. Шаболовская)
+7 (495) 792-39-88
info@azimp.ru
www.azimp.ru
www.azimp-micro.ru



www.labinstruments.ru
sa@labinstruments.ru
+7 (499) 213-26-52 (доб. 901)
+7 (903) 762-02-96

Компания **ЛАБИНСТРУМЕНТЫ** специализируется на поставках в РФ и страны СНГ оборудования для изучения растений и среды их обитания.

ЛАБИНСТРУМЕНТЫ поставляет оборудование для ботаники и физиологии растений, для измерения газообмена растений и почв, для изучения фотосинтеза и измерения респирации, для карбоновых полигонов, для мониторинга параметров окружающей среды (атмосфера, почва, вода, освещенность) и многое другое!

В ассортименте компании ЛАБИНСТРУМЕНТЫ:

- ✓ Оборудование для карбоновых полигонов
- ✓ Станции анализа атмосферы eddy covariance
- ✓ Газоанализаторы парниковых газов
- ✓ Системы измерения газообмена растений и почв
- ✓ Флуориметры (флуоресценция хлорофилла)
- ✓ Измерители респирации кислорода
- ✓ Анализаторы площади листьев
- ✓ Анализаторы листового индекса
- ✓ Анализаторы корней
- ✓ Анализаторы морфологии растений
- ✓ Анализаторы устьичной проводимости
- ✓ Анализаторы вегетационных индексов
- ✓ Анализаторы содержания хлорофилла
- ✓ Анализаторы водного стресса растений
- ✓ Анализаторы качества плодов
- ✓ Дендрометры
- ✓ Оборудование для выращивания растений
- ✓ Станции фенотипирования и сканеры для них
- ✓ Датчики освещенности и регистраторы сигнала
- ✓ И многое другое!



Компания **ЛАБИНСТРУМЕНТЫ** работает со всеми ведущими мировыми производителями из США, Европы и Китая: **APOGEE, CAMPBELL, CID BIO-SCIENCE, DELTA-T, DYNAMAX, FELIX, FT GREEN LLC, HANSATECH, HEALTHY PHOTON, HUKSEFLUX, LICA, LI-COR, PHOTON SYSTEMS, PMS INSTRUMENT, PP SYSTEMS, PRI-ECO, QUBIT SYSTEMS, REGENT INSTRUMENTS, STEVENSWATER, WALZ** и многими другими!





ООО «ИННОФАРМ-ДВ»
ИНН 2540258400

**ВАШ НАДЕЖНЫЙ ПОСТАВЩИК КАЧЕСТВЕННОГО НАУЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ
ИЗ ВЕДУЩИХ СТРАН-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ.**

- ШИРОКИЙ АССОРТИМЕНТ – ОТ ЛАБОРАТОРНОЙ ПОСУДЫ ДО ВЫСОКОТОЧНЫХ АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ.
- ПРЯМЫЕ ПОСТАВКИ ОТ ПРОВЕРЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ЕВРОПЫ, США, АЗИИ, ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПО ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ТРЕБОВАНИЯМ
- ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА И ПОЛНОЕ СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУНАРОДНЫМ СТАНДАРТАМ.
- ГИБКИЕ УСЛОВИЯ – ПОДБОР, ДОСТАВКА, СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.



КОМПЛЕКСНЫЕ
РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
И АНАЛИЗА
РАСТЕНИЙ

Услуги:
аренда оборудования
обучение и проведение мастер-классов
проектные работы



INFO@PHENOMICS.RU
www.phenomics.ru

+7 926 386-18-06

- ✓ Цифровое фенотипирование:
мобильные системы
системы для теплиц и лабораторий
гравиметрический анализ
- ✓ Спектральная визуализация:
гиперспектральные камеры
мультиспектральные камеры
мобильные анализаторы
навесное оборудование
спектроскопия
- ✓ Камеры роста растений:
специализированные
с настраиваемыми параметрами
- ✓ Фитотроны и фитостеллажи для
выращивания растений
- ✓ Оборудование теплиц:
под ключ
индивидуальный подход

БАШИНКОМ®

Лидер биотехнологической отрасли,
«Национальный чемпион» проекта
Минэкономразвития России

Научно-внедренческое
предприятие «Башинком» –
одно из крупнейших биотехноло-
гических предприятий России,
СНГ и Европы

Производство биопрепаратов
и удобрений для выращивания

ОТКРЫТИ

Еда +800% пользы по витаминам,
минералам, БАВ



Органическое Живое
Земледелие
Более 300 наименований
Биотехнология АС-35



Сельское хозяйство,
Животноводство
Более 50 наименований



Пробиотики, галеты,
батончики, мука, семена,
зерно, масло, овощи –
Еда +800% пользы



Профессиональная
декоративная
линия питомников



SIE «Bashinkom»/НВП «Башинком», Россия,
Республика Башкортостан, г. Уфа,
ул. К. Маркса, 37
bashinkom@mail.ru www.bashinkom.ru

