

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИОЛОГИИ, БИОХИМИИ И БИОТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Тезисы докладов
IV Всероссийской научной конференции с международным участием,
посвященной памяти профессора С.Ю. Веселова
(г. Уфа, 17 – 18 октября 2024 г.)



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РАН
УФИМСКИЙ ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ УФИЦ РАН
УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ФИЗИОЛОГИИ, БИОХИМИИ
И БИОТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

*Тезисы докладов
IV Всероссийской научной конференции
с международным участием,
посвященной памяти профессора С.Ю. Веселова*

(г. Уфа, 17 – 18 октября 2024 г.)

Научное электронное издание сетевого доступа

**Уфа
РИЦ УУНиТ
2024**

ББК 28.0
УДК 575.577.60
С56

*Печатается по решению кафедры биохимии и биотехнологии УУНиТ.
Протокол № 3 от 07.10.2024 г.*

Редколлегия

канд. биол. наук, доцент **В.О. Цветков** (*отв. редактор*);
д-р биол. наук, профессор **Р.Г. Фархутдинов**;
канд. биол. наук, доцент **И.А. Шпирная**

Современные проблемы физиологии, биохимии и биотехнологии растений:
С56 тезисы докладов IV Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной памяти профессора С.Ю. Веселова (г. Уфа, 17 – 18 октября 2024 г.) / отв. ред. В.О. Цветков. [Электронный ресурс] / Уфимск. ун-т науки и технологий. – Уфа: РИЦ УУНиТ, 2024. – 87 с. – URL: <https://uust.ru/digital-publications/2024/164.pdf> – Загл. с титула экрана.

ISBN 978-5-7477-5950-3

Содержание настоящего сборника отражает современный уровень состояния экспериментальной биологии растений, ориентирует ученых на будущие тенденции развития фундаментальной науки и на решение стоящих перед человечеством глобальных проблем. Материалы конференции посвящены рассмотрению целого ряда актуальных научных направлений экспериментальной биологии растений: физиологии растений, биохимии, молекулярной биологии, биотехнологии, биоинженерии и биоинформатики.

Предназначено для студентов, аспирантов, преподавателей вузов, сотрудников научных учреждений.

ББК 28.0
УДК 575.577.60

ISBN 978-5-7477-5950-3

© УУНиТ, 2024

Оглавление

МОДУЛЯЦИЯ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДОМ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ К ЗАСУХЕ ЭКОТИПОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОНТОГЕНЕЗА. Авальбаев А.М., Юлдашев Р.А., Плотников А.А., Коряков И.С., Аллагулова Ч.Р.	8
РЕГУЛЯТОРНАЯ РОЛЬ ОКСИДА АЗОТА (NO) В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ. Аллагулова Ч.Р., Лубянова А.Р.	9
АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС <i>HUMULUS LUPULUS</i> L. ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ. Аль Хуссейн Д., Мостякова А.А., Тимофеева О.А.	10
АДАПТАЦИЯ ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ И ТРИТИКАЛЕ К ПОВЫШЕННЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ. Арабова Л.И., Чумикина Л.В., Топунов А.Ф.	11
УЧАСТИЕ ЛИПИД-ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ БЕЛКОВ В ДАЛЬНЕМ ТРАНСПОРТЕ ЖАСМОНАТОВ. Ахиярова Г.Р., Вафина Г.Х., Кудоярова Г.Р.	12
ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИИ, СТИМУЛИРУЮЩЕЙ РОСТ РАСТЕНИЙ <i>BACILLUS SUBTILIS</i> IB-22, НА ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ И ОБИЛИЕ АКВАПОРИНОВ <i>PIP2</i> В КОРНЯХ МУТАНТА ЯЧМЕНЯ С ДЕФИЦИТОМ АБК. Ахтямова З.А., Архипова Т.Н., Шарипова Г.В., Иванов Р.С., Нужная Т.В., Кудоярова Г.Р.	13
ОСОБЕННОСТИ ПРОРАСТАНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЫЛЬЦЫ ХВОЙНЫХ СО СПОРОФИТОМ. Бабушкина К.О., Лунева О.Г., Воронков А.С., Иванова Т.В., Брейгина М.А.	14
ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭДТА-КОМПЛЕКСОВ КОБАЛЬТА НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ. Байгильдина Г.И., Федяев В.В., Гарипова М.И., Фархутдинов Р.Г.	15
РАСТИТЕЛЬНЫЕ ФЛАВОНОИДЫ РЕГУЛИРУЮТ ЧИСЛЕННОСТЬ РИЗОБИЙ В ПРИКОРНЕВОЙ ЗОНЕ. Баймиев Ал.Х., Владимиров А.А., Матниязов Р.Т., Лавина А.М.	16
КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ГЛИЦИНА И КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ НА МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КЛЕТОК <i>NITELLA FLEXILIS</i> . Баланчук А.Н., Крытынская Е.Н.	17
ИНТЕНСИВНОСТЬ ОСВЕЩЕНИЯ КАК ФАКТОР РОСТА ЭНДОБИОТИЧЕСКИХ ГРИБОВ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ МОХООБРАЗНЫХ <i>IN VITRO</i> . Бельшенко А.Ю., Имидоева Н.А., Малыгина Е.В., Дмитриева М.Е., Вавилина Т.Н., Третьякова А.В., Аксёнов-Грибанов Д.В.	18
ИЗМЕНЕНИЯ В АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЕ ПОБЕГОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ СОРТА «КУРЬЕР», ПОЛУЧЕННЫХ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПРЕПАРАТОМ «АГРОКОР». Бережнева З.А., Мусин Х.Г., Березин А.А., Кулуев Б.Р.	19
МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАМЫКАЮЩИХ КЛЕТОК УСТЬИЦ РАСТЕНИЙ <i>LACTUCA SERRIOLA</i> L., ПОЛУЧЕННЫХ ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННОГО МУТАГЕНЕЗА КОЛХИЦИНОМ. Березин А.А., Бережнева З.А., Кулуев Б.Р.	20
ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ РОДА <i>BACILLUS</i> НА РОСТ, УРОЖАЙНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИРУСНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ РАСТЕНИЙ ТОМАТОВ <i>SOLANUM LYCOPERSICUM</i> (L.). Веселова С.В., Сорокань А.В.	21
ВЗГЛЯД НА РОЛЬ ОКСИДА АЗОТА (II) У ПИКОВОДОРОСЛЕЙ РОДА <i>OSTREOCOCCLUS</i> ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ МЕТАБОЛИЗМА АРГИНИНА. Власова В. А., Залуцкая Ж.М., Лапина Т.В., Шакиев Р.В., Стаинов В.Р., Аношкина Л.Д., Ермилова Е.В.	22
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ РОДА <i>TULIPA</i> ПРИ ПРОИЗРАСТАНИИ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ. Волошина Т.В., Мучкаева В.М.	23

АНАЛИЗ НУКЛЕОТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ И УРОВНЕЙ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ AV13 И FUS3 У СОРТОВ И ЛИНИЙ ГОРОХА С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА В СЕМЕНАХ. Гайнуллина К.П., Заикина Е.А.	24
РИЗОСФЕРНЫЕ ЭНТЕРОБАКТЕРИИ И СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ. Гальперина А.Р., Сопрунова О.Б.	25
ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И БИОПРЕПАРАТОВ НА МИКРООРГАНИЗМЫ РИЗОСФЕРЫ РАСТЕНИЙ-ФИТОРЕМЕДИАНТОВ. Григориади А.С., Хамидуллин А.Р., Фархутдинов Р.Г.	26
ФОТОБИОНТЫ ЛИШАЙНИКОВ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ КЕТОКАРОТИНОИДОВ. Данцюк Н.В., Мансурова И.М.	27
СУТОЧНАЯ РИТМИКА УСТЫЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ РАСТЕНИЙ СУПРАЛИТОРАЛИ-ЛИТОРАЛИ БАРЕНЦЕВА МОРЕЯ (ЗЕЛЕНЕЦКАЯ ГУБА). Добычина Е.О., Рыжик И.В.	28
ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОГО ВИДА COELASTRELLA SP. NOV. (CHLOROPHYTA, SCENEDESMACEAE) ИЗ ГОРНО ТУНДРОВОГО СООБЩЕСТВА НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ (РОССИЯ). Дымова О.В., Новаковская И.В., Паршуков В.С., Патова Е.Н.	29
ФИТОГОРМОНЫ И АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ К ДЕФИЦИТУ КИСЛОРОДА И РЕОКСИГЕНАЦИИ. Емельянов В.В.	30
СУСПЕНЗИОННАЯ КУЛЬТУРА КЛЕТОК БЕРЕСКЛЕТА МАКСИМОВИЧА: РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И БИОСИНТЕЗ АНТОЦИАНОВ. Еремеева Е.А., Фоменков А.А., Носов А.В.	31
ИЗМЕНЕНИЕ ЛИПИДНОГО КОМПОНЕНТА РАСТЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ КИНЕТИНА В УСЛОВИЯХ АЭРАЦИИ И ГИПОКСИЧЕСКОГО СТРЕССА. Ершова А.Н., Стерлигова И.А.	32
УЧАСТИЕ АБК В ОТВЕТНОЙ РЕАКЦИИ МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА ПЕТУНИИ (PETUNIA HYBRIDA E. VILM.) НА ОБЛУЧЕНИЕ УФ-В IN VITRO. Захарова Е.В., Тимофеева Г.В.	33
КОНСТИТУТИВНАЯ ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА TANAC69 В ВОЛОСОВИДНЫХ КОРНЯХ ТАБАКА. Ибрагимова З.А., Галимова А.А., Мусин Х.Г., Заикина Е.А., Кулуев Б.Р.	34
АУКСИН В ЗРЕЛЫХ ВОЛОКНАХ ЛЬНА ПРИ ГРАВИОТВЕТЕ. Ибрагимова Н.Н., Иванов Р.С., Мокшина Н.Е.	35
ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ, БАКТЕРИЙ И ИХ СОЧЕТАНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ САЖЕНЦЕВ ДЕРЕВЬЕВ. Иванов Р.С., Тиммергалин М.Д., Назаров А.М., Четвериков С.П., Рязанова Н.А., Шигапов З.Х., Кудоярова Г.Р....	36
ВЛИЯНИЕ ИОНОВ СВИНЦА НА СТЕРИНЫ ТОНОПЛАСТА. Капустина И.С., Спиридонова Е.В., Озолина Н.В., Гурина В.В.	37
ОРГАНИЗАЦИЯ ТУБУЛИНОВОГО ЦИТОСКЕЛЕТА В КЛЕТКАХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ КЛУБЕНЬКОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕМ. БОБОВЫЕ. Китаева А.Б., Кусакин П.Г., Цыганов В.Е.	38
ЭФФЕКТИВНОЕ СОХРАНЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ IN VITRO ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ BETA VULGARIS L. Колесникова Е.О., Донских Е.И., Бердников Р.В.	39
ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ПРОЦЕССЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ С3– И С4-РАСТЕНИЙ. Косогова Т.М.	40
ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА КАРБОКСИЛАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ RUBISCO И СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ ПРОРОСТКОВ HORDEUM SATIVUM L. Косогова Т.М., Русинова Н.Г.	41
ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ НА ПРОРОСТКИ ПШЕНИЦЫ. Криворучко А.А., Рогов Д.А., Астанкова А.С., Бурыгин Г.Л.	42
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД СЕЛЕКТИВНОЙ ЭМБРИОКУЛЬТУРЫ IN VITRO В УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ (НА ПРИМЕРЕ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ). Круглова Н.Н.	43

ВЛИЯНИЕ АГРОНОМИЧЕСКИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ШТАММА RHODORSEUDOMONAS PALUSTRIS B-14279 НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К ЗАСУХЕ И ОСМОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ. Крыжко А.В., Ржевская В.С., Омельченко А.В., Жижина М.Н.	44
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЬЮ И ГЕРБИЦИДАМИ НА РАСТЕНИЯ-ФИТОРЕМЕДИАНТЫ. Кузина Е.В., Мухаматдьярова С.Р., Искужина М.Г., Кульбаева Л.А., Коршунова Т.Ю.	45
ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ШТАММА BACILLUS SUBTILIS ЗН ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ БИОКОНТРОЛЯ И СТИМУЛИРОВАНИЯ РОСТА РАСТЕНИЙ. Кузнецова М.В., Кузнецова Т.Н., Фархутдинов Р.Г.	46
ИЗУЧЕНИЕ ФИЛОГЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ЛИНИЙ AEGILOPS MUTICA И AEGILOPS AUCHERI С ПОМОЩЬЮ СЕКВЕНИРОВАНИЯ И АННОТИРОВАНИЯ ИХ ХЛОРОПЛАСТНЫХ ГЕНОМОВ. Кулуев А.Р., Матниязов Р.Т., Чемерис А.В.	47
МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗОЛИРОВАННЫХ КУЛЬТУР ЗЕЛЕННЫХ КОРНЕЙ TRITICUM AESTIVUM L. Кулуев Б.Р., Александрова В.М., Гумерова Г.Р., Мусин Х.Г., Бережнева З.А., Галимова А.А.	48
ИЗМЕНЕНИЯ ГОРМОНАЛЬНОГО СОСТАВА У РАСТЕНИЙ БЕРЕЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКСПРЕССИИ ГЛУТАМИНСИНТЕТАЗЫ И ВЛИЯНИЯ ЗАСУХИ И НЕДОСТАТКА АЗОТА. Лебедев В.Г., Коробова А.В., Карунас А.С., Селиванова Е.В., Севостьянова А.О., Шестибратов К.А.	49
МОДИФИКАЦИЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ МЯТЫ ПЕРЕЧНОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК. Лоскутов С.И., Пухальский Я.В., Городнова Л.А., Никитичева Г.В.	50
МАССА РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА ПРИРОДНЫХ ТРАВСТОЕВ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ. Мартынова Л.В.	52
ИБУПРОФЕН В СТИМУЛЯЦИИ РОСТА И УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ. Масленникова Д.Р., Карпухин А.А., Давлетшина Л.С., Заманова Р.Ф.	53
ПОТОКИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (СО ₂ И СН ₄) С ПОВЕРХНОСТИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ КРИОЛИТОЗОНЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ. Масыгина О.В., Евграфова С.Ю., Ковалева Н.М., Децура А.Е., Порфирьева Е.В., Меняйло О.В., Матвиенко А.И.	54
ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТАЛЛОМА ЭПИФИТНОГО ЛИШАЙНИКА РОДА EVERNIA НА ПОТОКИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (СО ₂ И СН ₄) С ЕГО ПОВЕРХНОСТИ: ИНКУБАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В УСЛОВИЯХ ОСВЕЩЕНИЯ. Матвиенко А.И., Евграфова С.Ю., Ковалева Н.М., Децура А.Е., Порфирьева Е.В., Меняйло О.В., Масыгина О.В.	55
ПУТИ И ВОЗМОЖНОСТИ СОХРАНЕНИЯ РЕДКИХ РАСТЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ. Охлопкова Ж.М., Кучарова Е.В., Разгонова М.П., Кочкин Д.В.	56
АЛЬГИНАТ НАТРИЯ – ПОЛИМЕРНАЯ МАТРИЦА ДЛЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И СЕЛЕНА. Панов Д.А.	57
ПОЛУЧЕНИЕ И ОЧИСТКА РЕКОМБИНАНТНОГО ЛЕКТИНА ЛЬНА ИЗ ГРУППЫ АМАРАНТИНОВ. Петрова Н.В., Мокшина Н.Е.	58
КУЛЬТИВИРОВАНИЕ IN VITRO И КАЛЛУСОГЕНЕЗ SAROSHNIKOVIA DIVARICATA (TURZ.) SCHISHK. Рахматуллина И.Ф., Кулуев Б.Р.	59
ВЛИЯНИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ. Рахматуллина С.Р.	60
РОЛЬ ПЕРЕНОСЧИКА АБК NRT 1.2 В РЕГУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ АРАБИДОПСИСА ПРИ ЗАСОЛЕНИИ. Севостьянова А.О., Коробова А.В.	61
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИ КРУПНОЗЕРНОГО СОРТА РИСА. Скаженник М.А., Ковалев В.С., Пшеницына Т.С., Григорьев А.О.	62

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ УСТОЙЧИВОСТИ К ПОЛЕГАНИЮ СОРТОВ РИСА С РАЗНОЙ КРУПНОСТЬЮ ЗЕРНА. Скаженник М.А., Ковалев В.С., Пшеницына Т.С., Григорьев А.О.	63
ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У РАСТЕНИЙ ТОМАТА. Снигур М.Г., Дерябин А.Н., Венжик Ю.В.	64
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТЕАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ШТАММОВ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО УРАЛА. Сорокань А.В., Благова Д.К., Габдрахманова В.Ф., Хайруллин Р.М.	65
ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ТОНОПЛАСТА В УСЛОВИЯХ СТРЕССА, ВЫЗВАННОГО ИОНАМИ СВИНЦА. Спиридонова Е.В., Капустина И.С., Озолина Н.В., Гурина В.В., Семёнова Н.В.	66
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОЛОВ В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (<i>BETULA PENDULA</i> ROTH) В УСЛОВИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. Тагирова О.В., Иванов Р.С., Кулагин А.Ю.	67
ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ И РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ РОСТА ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ. Тимергалин М.Д., Феоктистова А.В., Четвериков С.П.	68
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШТАММОВ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ В ОТНОШЕНИИ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ, ВЕГЕТАЦИОННЫХ И ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ. Ткаченко О.В., Беляева А.А., Бурьгин Г.Л., Евсеева Н.В., Заводилкин Н.Д.	69
ВЛИЯНИЕ КИСЛОЙ ПОЧВЫ НА ПИГМЕНТНЫЙ АППАРАТ <i>HORDEUM VULGARE</i> L. Токарева Е.А., Заякина А.Э.	70
ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ФЛАГЕЛЛИНОВ БАКТЕРИЙ СЕМЕЙСТВА <i>AZOSPIRILLACEAE</i> , ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ УСПЕШНОСТЬ КОЛОНИЗАЦИИ РАСТЕНИЙ. Фадеева Ю.В., Бурьгин Г.Л., Щеголев С.Ю., Матора Л.Ю.	71
ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ПРОЯВЛЕНИЕ ИХ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ У МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ <i>HELIANTHUS ANNUUS</i> L. 'POSEIDON 625'). Федорова Д.Г., Назарова Н.М., Гвоздикова А.М.	72
ОСОБЕННОСТИ РЕДОКС-СИСТЕМЫ КАРТОФЕЛЯ С РАЗНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ АНТОЦИАНОВ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ СОСТАРИВАНИИ. Федяев В.В., Байгильдина Г.И., Гарипова М.И., Фархутдинов Р.Г.	73
ВЛИЯНИЕ ШТАММА БАКТЕРИЙ <i>ENTEROBACTER LUDWIGII</i> VLK НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ К ЗАСУХЕ. Феоктистова А.В., Тимергалин М.Д., Четвериков С.П.	74
ИЗУЧЕНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ <i>TILIA CORDATA</i> MILL. С ПРИМЕНЕНИЕМ ISSR-МАРКЕРОВ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН. Хисамова Р.Р., Мусин Х.Г., Фархутдинов Р.Г., Кулуев Б.Р.	75
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БЕЛКА <i>TROL</i> C <i>NICOTIANA TABACUM</i> И ЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СВЯЗЬ С ДРУГИМИ БЕЛКАМИ. Цветкова А.Д., Швец Д.Ю., Мусин Х.Г., Кулуев Б.Р.	76
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАСТЕНИЙ С ПРОДУКТАМИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ГРИБОВ. Цивилева О.М., Шатерников А.Н., Евсеева Н.В., Ткаченко О.В.	77
НАНОКОМПОЗИТЫ ХИТОЗАНА С СЕРЕБРОМ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ К ФИТОФТОРОЗУ. Черепанова Е.А., Яруллина Л.Г., Заикина Е.А., Сорокань А.В., Бурханова Г.Ф., Марданшин И.С., Фаткуллин И.Я., Калацкая Ж.Н., Гилевская К.С.	78
РОСТ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ <i>NICOTIANA TABACUM</i> L. С КОНСТИТУТИВНОЙ ЭКСПРЕССИЕЙ ФРАГМЕНТА ГЕНА <i>TROL</i> C В АНТИСМЫСЛОВОЙ ОРИЕНТАЦИИ. Швец Д.Ю., Мустафина А.Д., Мусин Х.Г., Кулуев Б.Р.	79
ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИЙ СТРЕСС И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ. Шибаева Т.Г., Титов А.Ф.	80

РЕГУЛЯЦИЯ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ ПРИРОДНЫМИ ФЕНОЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ. Шпирная И.А., Ситкин К.М., Федяев В.В., Марданшин И.С.	81
ТРАНСФОРМАЦИЯ ХИТОЗАНА FUSARIUM OXYSPORUM. Щербакова Е.В., Чернова Д.С., Бабичева Т.С., Позднякова Н.Н., Шиповская А.Б.	82
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЕКЦИИ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ПЕРИОД 2013-2023 ГГ. Юлдашев Р.А., Авальбаев А.М., Аллагулова Ч.Р., Галимова А.А., Сулейманов А.Ф., Исмагилов И.Р.	83
ДИНАМИКА УРОВНЕЙ ШАПЕРОНОВ HSP70 ЦИТОПЛАЗМЫ И HSP70В ХЛОРОПЛАСТОВ ПРИ ТЕПЛОМ СТРЕССЕ ОТЛИЧАЕТСЯ У ГЕНОТИПОВ ТЫКВЫ С РАЗНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К СТРЕССАМ. Юрина Н.П., Э.П. Постникова Э.П.	84
ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ IN VITRO ECHINUM PLANTAGINEUM L. ДЛЯ АГРОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ AGROBACTERIUM RHIZOGENES. Якупова А.Б., Глушихина Е.И., Ишбаева А.Р., Кулуев Б.Р.	85
МЕХАНИЗМЫ ПОВЫШЕНИЯ АНТИВИРУСНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ КОМПЛЕКСОМ КОНЬЮГАТОВ ХИТОЗАНА С КОФЕЙНОЙ КИСЛОТОЙ И БАКТЕРИЯМИ BACILLUS SUBTILIS ПРИ ЗАСУХЕ. Яруллина Л.Г., Калацкая Ж.Н., Еловская Н.А., Бурханова Г.Ф., Рыбинская Е.И., Заикина Е.А., Цветков В.О., Черепанова Е.А., Гилевская К.С., Николайчук В.В.	86

МОДУЛЯЦИЯ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДОМ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ ПО СТРАТЕГИИ АДАПТАЦИИ К ЗАСУХЕ ЭКОТИПОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ОНТОГЕНЕЗА

Авальбаев А.М.*, Юлдашев Р.А., Плотников А.А., Коряков И.С., Аллагулова Ч.Р.

Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: avalbaev@yahoo.com

К числу наиболее распространенных стрессов, существенно тормозящих рост и урожайность пшеницы, относится засуха. В зависимости от времени наступления засухи у пшеницы сформировались две различающиеся по стратегии адаптации к засухе группы – степной волжский и лесостепной западносибирский экотипы, которые в нашем исследовании представлены сортами Экада 70 (Э-70) и Зауральская Жемчужина (ЗЖ). Ранее нами были выявлены различия у этих экотипов на начальном этапе онтогенеза – для растений степного волжского экотипа характерен активный рост и засухоустойчивость в отличие от представителей западносибирского экотипа, которые отличались замедленным ростом и слабой засухоустойчивостью. Важную роль в регуляции устойчивости растений к засухе играют фитогормоны brassinosteroids. В данной работе исследовалось влияние предпосевной обработки 24-эпибрассинолидом (ЭБ) на засухоустойчивость различающихся по стратегии адаптации к засухе экотипов пшеницы. В условиях обезвоживания выявлен протекторный эффект ЭБ на рост проростков Э-70, однако гормон практически не оказал защитного действия на растения ЗЖ. Засуха привела к дисбалансу в гормональном статусе обоих сортов, однако у сорта ЗЖ изменения в уровне фитогормонов были драматичнее. Предобработка ЭБ снизила индуцированный засухой дисбаланс фитогормонов в растениях Э-70, что, однако, не было характерно для проростков ЗЖ. Установлено, что засуха привела к повышению у обоих сортов содержания защитного белка – агглютинаина зародыша пшеницы (АЗП), при этом более высокий уровень АЗП наблюдался у растений Э-70. Вместе с тем, в условиях засухи ЭБ-предобработанные растения Э-70 отличались более низким уровнем накопления АЗП по сравнению с необработанными гормонами проростками. Однако у сорта ЗЖ эффект предобработки ЭБ на уровень АЗП в стрессовых условиях отсутствовал. Выявлено, что вызванный засухой окислительный стресс оказывал повреждающее действие на целостность мембранных структур, о чем свидетельствовало повышение уровня малонового диальдегида (МДА) и экзоосмоса электролитов, при этом окислительные повреждения были сильнее выражены у сорта ЗЖ. Предобработка ЭБ существенно снизила стресс-индуцированное накопление МДА и выход электролитов у растений Э-70, тогда как защитное действие ЭБ на мембранные структуры проростков ЗЖ было выражено слабее. Таким образом, на начальном этапе онтогенеза в условиях засухи ЭБ оказывал протекторное действие на проростки пшеницы степного волжского экотипа, в то же время слабое защитное действие этого гормона на сорт Зауральская жемчужина, по-видимому, связано с нечувствительностью растений западносибирского экотипа к предпосевной обработке ЭБ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00246, <https://rscf.ru/project/23-26-00246/>

Ключевые слова: засуха; пшеница; экотипы; brassinosteroids; устойчивость

MODULATION OF DROUGHT TOLERANCE BY 24-EPIBRASSINOLIDE IN SOFT WHEAT ECOTYPES WITH DIFFERENT DROUGHT ADAPTATION STRATEGIES AT THE INITIAL STAGE OF ONTOGENESIS

Avalbaev A.M., Yuldashev R.A., Plotnikov A.A., Koryakov I.S., Allagulova Ch.R.

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

Keywords: drought; wheat; ecotypes; brassinosteroids; tolerance

© Авальбаев А.М., Юлдашев Р.А., Плотников А.А., Коряков И.С., Аллагулова Ч.Р., 2024

РЕГУЛЯТОРНАЯ РОЛЬ ОКСИДА АЗОТА (NO) В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Аллагулова Ч.Р.*, Лубянова А.Р.

¹Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Уфа, Россия

*allagulova-chulpan@rambler.ru

Среди абиотических стрессовых факторов наиболее широко распространены засуха, засоление, резкие перепады температур, избыток минеральных удобрений и тяжелых металлов, которые вызывают в растениях дефицит влаги с последующим развитием осмотического и окислительного стресса. Формирование стрессоустойчивости растений находится под контролем эндогенной сигнальной системы, важным компонентом которой является оксид азота (NO). В работе было проведено исследование влияния донора NO нитропруссид натрия (SNP – *sodium nitroprusside*) на физиолого-биохимические параметры растений пшеницы (*Triticum aestivum* L.), подвергнутых обезвоживанию, моделируемого с помощью 12%-го полиэтиленгликоля (ПЭГ-6000). В опытах использовали 200 мкМ раствор активного (SNP/+NO) и истощенного (SNP/-NO) донора, который служил в качестве дополнительного контроля проявления конкретных эффектов NO. Комплексная оценка ростовых параметров (всхожесть семян, линейные размеры, сырая, сухая масса 3-5-сут проростков, интенсивность деления клеток корней) выявила стимулирующее и защитное действие активного донора NO на растения пшеницы в норме и при стрессе, соответственно. Положительное действие NO может обуславливаться его влиянием на гормональную, осмопротекторную и антиоксидантную системы. (SNP/+NO)-предобработанные и подвергнутые обезвоживанию проростки характеризовались снижением амплитуды стресс-индуцируемого повышения концентрации АБК и уменьшения содержания цитокининов и ауксинов. (SNP/+NO)-предобработка при последующем действии обезвоживания способствовала активации синтеза осмопротектанта пролина и индукции экспрессии *TADHN*-гена дегидрина. Уровни продукции супероксид аниона, перекиси водорода, процессов перекисного окисления липидов и выхода электролитов при воздействии стресса в (SNP/+NO)-предобработанных образцах были существенно ниже в сравнении с NO-необработанными или (SNP/-NO)-предобработанными растениями. Спустя 24 ч воздействия обезвоживания в (SNP/+NO)-предобработанных проростках было обнаружено дополнительное повышение активности таких антиоксидантных ферментов, как супероксиддисмутаза, аскорбатпероксидаза и каталаза. Совокупность полученных данных свидетельствует в пользу выполнения оксидом азота множественных регуляторных функций в растениях пшеницы в ходе нормального роста и при формировании их устойчивости к условиям обезвоживания.

Ключевые слова: оксид азота; пшеница; обезвоживание; рост; стрессоустойчивость

REGULATORY ROLE OF NITRIC OXIDE (NO) IN THE PROTECTION OF WHEAT PLANTS UNDER DEHYDRATION

Ch. Allagulova, A. Lubyanova

Institute of Biochemistry and Genetics-Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences

Keywords: nitric oxide; wheat; dehydration; growth; stress resistance

© Аллагулова Ч.Р., Лубянова А.Р., 2024

АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС *HUMULUS LUPULUS* L. ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ

Аль Хуссейн Д.^{а*}, Мостякова А.А.^а, Тимофеева О.А.^а

^а Казанский федеральный университет, ул. Кремлевская, 18, Казань, Республика Татарстан, 420008, Россия

E-mail: dalal.matar91@gmail.com

Хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L.) — двудомное многолетнее вьющееся растение, известное главным образом благодаря использованию своих женских соцветий «шишек» в пивоваренной промышленности.

Однако самый первый интерес к хмелю был обусловлен его лечебными свойствами. Растущий интерес к натуральной медицине открывает новые интересные перспективы для хмеля. *Humulus lupulus* L. является важным источником первичных и вторичных метаболитов растений.

Цель работы: выявление особенностей действия регуляторов роста гибберсиб и эпин-экстра и также биоудобрения пудрет на антиоксидантную активность в листьях *Humulus lupulus* L в онтогенезе.

Посадку корневищных черенков хмеля проводили в начале мая 2022 года в защищенном грунте. Через 4 недели все варианты пересадили в открытый грунт. Листья для анализа отбирали через 4,8,12,16 недель.

Фитохимический состав в листьях определяли спектрофотометрическими методами. Для определения активности каталазы использовали спектрофотометрический метод, предложенный Эби. Для определения активности пероксидазы использовали метод Бояркина. Активность аскорбатпероксидазы определяли по методу Верма и Дубей.

Было показано, что как синтетические регуляторы гибберсиб, эпин-экстра, так и биоудобрение пудрет способствовали увеличению каталазы на всех этапах роста хмеля. Исследуемые препараты оказали положительный эффект на активность фермента, но в разной степени. Эпин-экстра повышал активность фермента на 74,13% на 12 неделе и 109,21% на 16 неделе по сравнению с контролем.

Согласно нашим данным, активность пероксидазы было наибольшее под действием пудрета по сравнению с другими стимуляторами, пудрет повышал активность этого фермента на 35,11% на 16 неделе и гибберсиб повышал активность этого фермента на 15,38% и эпин экстра на 19,73%. Обработка биоудобрением увеличивала активность аскорбатпероксидазы практически на 42,79%, в то время эпин экстра повышал активность изучаемого фермента на 10,12% на 16 неделе.

Ключевые слова: пудрет, каталаза

ANTIOXIDANT STATUS OF *HUMULUS LUPULUS* L. IN DIFFERENT PROCESSING METHODS

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

Kazan Federal University, St. Kremlin, 18, Kazan, Republic of Tatarstan, 420008, Russia.

Key words: pudret, catalase

© Аль Хуссейн Д., Мостякова А.А., Тимофеева О.А., 2024

АДАПТАЦИЯ ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ И ТРИТИКАЛЕ К ПОВЫШЕННЫМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Арабова Л.И.^{1*}, Чумикина Л.В.¹, Топунов А.Ф.¹

¹ Институт биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр “Фундаментальные основы биотехнологии” Российской академии наук, Москва, Россия

* E-mail: l.arabova@gmail.com

Температурный режим — один из важнейших экологических факторов, который оказывает существенное воздействие на метаболизм, рост, развитие и продуктивность растений. Механизм неблагоприятного действия повышенных температур на процесс прорастания семян пока остается неясным. Основополагающую роль в этой системе играют фитогормоны. Двумя важными фитогормонами являются абсцизовая кислота (АБК, гормон покоя) и индолил-3-уксусная кислота (ИУК, гормон роста). АБК тормозит ростовые и метаболические процессы, способствует формированию семян и их покою, а также выполняет важную роль в устойчивости к абиотическому стрессу. ИУК — ауксин, относится к веществам индольной природы, выполняет ключевую роль в развитии растений и необходим для роста молодых проростков. В своей работе мы установили взаимосвязь между эндогенными уровнями ИУК и АБК на ранних стадиях прорастания (0-48 ч) семян пшеницы и тритикале при нормальной (22°C) и повышенной (40°C) температурах. Содержание фитогормонов определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Показано, что в сухих зародышах обеих культур присутствует АБК и ИУК как в свободной, так и конъюгированной формах, но преобладали конъюгаты. В процессе набухания семян общее содержание ИУК немного увеличивалось к началу роста проростков пшеницы и тритикале, при этом возобновлялись все метаболические процессы, подготавливающие прорастание, и происходило проклевывание семян. Во время своего развития растения поддерживают баланс между уровнями АБК и ИУК как при нормальных, так и стрессовых условиях окружающей среды. Соотношение ИУК к АБК практически не менялось до точки роста проростка (24 ч), а затем резко возрастало. Это означает, что колебания соотношения связаны с накоплением фитогормонов или их переходом из неактивного состояния в активное и обратно. А резкое повышение температуры индуцировало быстрые изменения в гормональной системе. При коротком тепловом шоке (4 ч 40°C) происходило увеличение содержания как АБК, так и ИУК, при этом соотношение этих гормонов поддерживалось на уровне, близком к уровню при нормальной температуре. Вероятно, это способствует тому, что семена могут преодолеть непродолжительный тепловой стресс. Обнаружена зависимость ростовых процессов от соотношения ИУК/АБК при коротком тепловом шоке. Показано, что процессы, связанные с проклевыванием, более термочувствительны по сравнению с процессами в фазах физического набухания семян и роста проростка. Тритикале оказался термочувствительнее по сравнению с пшеницей. Изучение влияния теплового стресса на различные регуляторные системы раннего прорастания семян необходимо для понимания механизмов адаптации растений к неблагоприятным условиям окружающей среды.

Ключевые слова: пшеница; тритикале; тепловой стресс; абсцизовая кислота; индолил-3-уксусная кислота

ADAPTATION OF GERMINATING WHEAT AND TRITICALE SEEDS TO ELEVATED TEMPERATURES

Arabova L.I.¹, Chumikina L.V.¹, Topunov A.F.¹

¹ Bach Institute of Biochemistry, Research Center of Biotechnology of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Key words: wheat; triticale; heat stress; abscisic acid; indole-3-acetic acid

© Арабова Л.И., Чумикина Л.В., Топунов А.Ф., 2024

УЧАСТИЕ ЛИПИД-ТРАНСПОРТИРУЮЩИХ БЕЛКОВ В ДАЛЬНЕМ ТРАНСПОРТЕ ЖАСМОНАТОВ

Ахиярова Г.Р.*, Вафина Г.Х., Кудоярова Г.Р.

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, 450054, Россия

* akhiyarova@rambler.ru

Адаптация растений к изменениям окружающей среды требует передачи сигналов от корней к побегам и наоборот, что формирует системный ответ на уровне целого растения. Способность жасмонатов транспортироваться по сосудистой системе ранее была продемонстрирована в ряде экспериментов на растениях табака. Известно, что жасмоновая кислота и ее производные участвуют в адаптации растений к засолению. Предположительно, дальний транспорт жасмонатов может осуществляться при участии липид - транспортирующих белков (ЛТБ), что обусловлено наличием в структуре их молекул гидрофобной впадины, позволяющей этим белкам связывать и переносить различные лиганды, в том числе и растительные гормоны. Индукция синтеза данных белков происходит при воздействии на растение абиотических и биотических стрессовых факторов.

Таким образом, целью работы являлось изучить возможность участия ЛТБ в транспорте жасмоновой кислоты из корней в побеги растений гороха при воздействии засоления. Сравнительное изучение распределения ЛТБ и жасмоновой кислоты в области сосудистой системы (клеток сосудистых пучков) корней на фоне засоления проводили с использованием специфических поликлональных IgG антител к ЛТБ чечевицы Lc-LTP2, перекрестно реагирующие с ЛТБ гороха (Ps-LTP1) и антител к жасмоновой кислоте (Agrisera, Vannas, Швеция).

Засоление приводило к увеличению содержания жасмоновой кислоты в корнях, ксилемном соке и листьях растений гороха, что сказывалось на изменении в транспирации. Возможность взаимодействия жасмонатов с ЛТБ выявляли по результатам их иммуногистохимической локализации с соответствующими антителами на срезах корней гороха. Иммунокрашивание ЛТБ и жасмоновой кислоты увеличивалось при засолении, а локализация их в одних и тех же клеточных стенках сосудов ксилемы позволила предположить участие данных белков в связывании и загрузке жасмонатов в ксилему. Механизмы, посредством которых ЛТБ влияют на диффузию гормонов, могут включать не только их связывание, но и индукцию разрыхления клеточных стенок. Эта способность ЛТБ влиять на структуру клеточной стенки может быть важна для облегчения транспорта по апопласту (при поддержке гранта РФФИ № 23-24-00187).

Ключевые слова: липид – транспортирующие белки; жасмоновая кислота; дальний транспорт; ксилема; засоление

PARTICIPATION OF LIPID TRANSFER PROTEINS IN THE LONG-DISTANCE TRANSPORT OF JASMONATES

Akhiyarova G.R., Vafina G.Kh., Kudoyarova G.R.

Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Prospekt Oktyabrya, 69, 450054 Ufa, Russia

Keywords: lipid transfer proteins; jasmonic acid; long-distance transport, xylem; salinity

© Ахиярова Г.Р., Вафина Г.Х., Кудоярова Г.Р., 2024

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИИ, СТИМУЛИРУЮЩЕЙ РОСТ РАСТЕНИЙ *BACILLUS SUBTILIS* IB-22, НА ГИДРАВЛИЧЕСКУЮ ПРОВОДИМОСТЬ И ОБИЛИЕ АКВАПОРИНОВ PIP2 В КОРНЯХ МУТАНТА ЯЧМЕНЯ С ДЕФИЦИТОМ АБК

Ахтямова З.А.*, Архипова Т.Н., Шарипова Г.В., Иванов Р.С., Нужная Т.В., Кудоярова Г.Р.
Уфимский Институт биологии Российской академии наук, пр. Октября 69, 450054, Уфа, Россия
*E-mail: akhtyamovazarina@anrb.ru

Способность ризосферных бактерий продуцировать или разрушать фитогормоны и влиять на их концентрацию в растениях является одним из основных факторов, от которых зависит стимуляция роста под воздействием таких бактерий. Известно, что абсцизовая кислота (АБК) снижает устьичную проводимость и повышает способность растительных тканей проводить воду и поддерживать водный баланс. При этом сведений о том, как ризосферные бактерии влияют на уровень АБК в корнях растений крайне мало. О продукции АБК бактериями известно немного, а сведения о том, как ризосферные бактерии влияют на уровень АБК в растениях, весьма ограничены и противоречивы. Лишь в последнее время появились публикации, в которых можно найти данные о содержании этого гормона в корнях. Для того чтобы проверить предположение о том, что стимуляция роста растений может быть связана со способностью АБК увеличивать гидравлическую проводимость корней за счет активации аквапоринов, мы изучили влияние бактерий, способных продуцировать АБК, на мутант ячменя, дефицитный по этому гормону. Мутант ячменя с дефицитом АБК, не обработанный бактериями, отличался от растений исходного генотипа меньшей массой побега и второй длиной листа. Измерение гидравлической проводимости мутанта ячменя с дефицитом АБК показало, что ткани Az34 проявляют сниженную способность проводить воду. Инокуляция *Bacillus subtilis* IB-22 стимулировала рост растений как Az34, так и Steptoe. Также под влиянием бактерий увеличилась гидравлическая проводимость корней мутанта с дефицитом АБК, а иммунолокализация с использованием аквапоринов PIP2 выявила их увеличение.

Исследование выполнено 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*; абсцизовая кислота; АБК-дефицитный мутант Az34; *Bacillus subtilis*; аквапорины

EFFECT OF PLANT GROWTH PROMOTING BACTERIA *BACILLUS SUBTILIS* IB-22 ON HYDRAULIC CONDUCTIVITY AND ABUNDANCE OF PIP2 AQUAPORINS IN THE ROOTS OF AN ABA-DEFICIENT BARLEY MUTANT

Akhtyamova Z.A.*, Arkhipova T.N., Sharipova G.V., Ivanov R.S., Nuzhnaya T.V.,
Kudoyarova G.R.

Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Prospekt Oktyabrya 69, 450054 Ufa, Russia.

Key words: *Hordeum vulgare*; abscisic acid; ABA-deficient mutant Az34; *Bacillus subtilis*; aquaporins

© Ахтямова З.А., Архипова Т.Н., Шарипова Г.В., Иванов Р.С., Нужная Т.В., Кудоярова Г.Р., 2024

ОСОБЕННОСТИ ПРОРАСТАНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПЫЛЬЦЫ ХВОЙНЫХ СО СПОРОФИТОМ

Бабушкина К.О.^{1*}, Лунева О.Г.², Воронков А.С.³, Иванова Т.В.³, Брейгина М.А.¹

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра физиологии растений, Москва, Россия

² МГУ им. М.В. Ломоносова, биологический факультет, кафедра биофизики, Москва, Россия

³ Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия

* E-mail: tardigradedd@gmail.com

Хвойные растения размножаются при помощи пыльцы, которая, в большинстве случаев, вступает в контакт с рецептивной жидкостью – опылительной каплей и с выделяющими её тканями спорофита. Подобным образом осуществляется взаимодействие между гаплоидным поколением (пыльцой) и репродуктивными органами и у цветковых растений с влажным рыльцем: в этом случае в качестве рецептивной жидкости выступает выделяемый тканями рыльца экссудат. При этом было показано, что их пыльца реагирует на сигнальные молекулы (в частности, АФК), присутствующие в экссудате. О процессе опыления у хвойных известно гораздо меньше: вопрос о наличии сигнальных молекул в рецептивной жидкости и способности пыльцы на них реагировать оставался открытым.

Проведенные нами исследования впервые показали, что в опылительных каплях хвойных действительно присутствуют сигнальные молекулы, причем ими оказались АФК, как у покрытосеменных растений. Анализ опылительных капель 4 видов хвойных с помощью ЭПР спектроскопии и спектрофотометрии показал, что в 3 из 4 случаев в капле присутствовал супероксид радикал. Пыльца ели колючей, модельного объекта в данном исследовании, положительно реагировала на присутствие АФК *in vitro*, что подтверждало гипотезу об их сигнальной функции этих агентов у хвойных растений. При этом именно обнаруженный в рецептивной жидкости супероксид радикал воздействовал на пыльцу наилучшим образом, хотя пероксид водорода также стимулировал прорастание.

Также был проанализирован жирнокислотный состав оболочки пыльцы ели колючей в присутствии АФК (пероксида водорода) и без. Оказалось, что наличие АФК в среде инкубации не только влияет на эффективность прорастания пыльцы, но и способствует изменению её жирнокислотного состава. Аналогичное исследование было проведено на пыльце табака. Пероксид водорода в той же концентрации не влиял на эффективность ее прорастания, а жирнокислотный состав пыльцы не изменялся.

Таким образом, взаимодействие пыльцы и спорофита посредством рецептивной жидкости у растений из обеих групп обладает фундаментальными сходствами: пыльца хвойных реагирует на те же сигнальные молекулы (АФК), что и пыльца цветковых, и опылительная капля, аналогично экссудату, содержит АФК. Это указывает на эволюционную общность данного регуляторного механизма. Тем не менее, эффективные концентрации АФК различаются для табака и ели, что подтверждается не только анализом прорастания пыльцы соответствующих видов, но и наличием либо отсутствием изменений в жирнокислотном составе пыльцы.

Ключевые слова: хвойные, прорастание пыльцы, опылительная капля, АФК, жирные кислоты
Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 21-74-10054

POLLEN GERMINATION AND ITS INTERACTIONS WITH SPOROPHYTE IN CONIFERS

Babushkina K.O.^{1*}, Luneva O.G.², Voronkov A.S.³, Ivanova T.V.⁴, Breygina M.A.¹

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Plant Physiology Department, Moscow, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Biology, Biophysics Department, Moscow, Russia

³ Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: conifers, pollen germination, pollination drop, ROS, fatty acids

This research was funded by the Russian Science Foundation (21-74-10054)

© Бабушкина К.О., Лунева О.Г., Воронков А.С., Иванова Т.В., Брейгина М.А., 2024

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЭДТА-КОМПЛЕКСОВ КОБАЛЬТА НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ

Байгильдина Г.И.*, Федяев В.В., Гарипова М.И., Фархутдинов Р.Г.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

* E-mail: hgia844@gmail.com

Кобальт (Co) – тяжелый металл, который в высоких концентрациях может негативно влиять на растения, угнетая корневую систему, нарушая фотосинтез и вызывая окислительный стресс. Напротив, в качестве микроэлемента Co необходим растениям для азотфиксации, регуляции водного обмена и некоторых других, однако к настоящему времени роль данного элемента во многом остается малоизученной. В окружающей среде Co может находиться в двух формах – Co^{2+} и Co^{3+} . Имеются данные о повышенной фитотоксичности Co^{3+} , обусловленной его более высокой окислительной способностью. Хелатирование металлов, в частности использование ЭДТА, может изменять их физиологическое действие. Применение ЭДТА-комплексов позволяет получить стабильные соединения Co с разными степенями окисления, что необходимо для изучения их влияния на окислительно-восстановительные процессы растений.

Изучали влияние высоких концентраций $CoCl_2$, $Co(II)$ ЭДТА и $Co(III)$ ЭДТА на окислительно-восстановительные процессы 10-суточных растений яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L. сорта Казахстанская 10), включая дыхание и редокс-метаболизм, а также содержание фотосинтетических пигментов и накопление этого металла в разных частях растений. Соединения кобальта ($CoCl_2$, $Co(II)$ ЭДТА и $Co(III)$ ЭДТА) вносили в питательную среду Хогланда-Арнона в концентрации 250 мкМ, что превышает ПДК в три раза.

При выращивании на растворе $CoCl_2$ было выявлено значительное накопление Co в корнях (1,78 мг/г сухой массы) и стеблях растений (1,34 мг/г сухой массы). Концентрация Co в корнях растений при использовании растворов $Co(II)$ - и $Co(III)$ ЭДТА снижалась на 6% и 14%, соответственно. Существенное снижение содержания фотосинтетических пигментов наблюдалось под влиянием минеральной формы Co, в то время как хелатированные формы Co оказывали менее выраженное воздействие. Скорость дыхания корней возрастала на 12,7% под влиянием $CoCl_2$, что указывает на состояние стресса у растений. В то время как, ЭДТА-комплексы Co не вызывали значительного увеличения дыхательной активности корней. Под влиянием $CoCl_2$ доля альтернативного пути дыхания в корнях возрастала на 100%, что свидетельствует о состоянии окислительного стресса у этих растений. Под воздействием $Co(III)$ ЭДТА доля цитохромного пути дыхания в корнях была сравнима с контролем. Анализ про-/ антиоксидантной системы растений не показал значимых различий в активности супероксиддисмутазы, каталазы и пероксидазы. Однако, под влиянием $CoCl_2$ и $Co(II)$ ЭДТА скорость образования супероксид-аниона в корнях возрастала на 164,8% и 83%, соответственно, и оставалась на уровне контроля под воздействием $Co(III)$ ЭДТА.

Показано, что Co, связанный с ЭДТА, проявляет меньшую токсичность, по сравнению с его свободными формами. Это объясняется тем, что комплексообразование с ЭДТА снижает его реакционную способность и окислительный потенциал, что снижает негативное воздействие на растения.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L.; кобальт; дыхание; антиоксидантная система

INFLUENCE OF HIGH CONCENTRATIONS OF COBALT EDTA-COMPLEXES ON OXIDATIVE-REDUCTIVE PROCESSES OF WHEAT PLANTS

Baigildina G.I., Fedyaev V.V., Farkhutdinov R.G., Garipova M.I.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Key words: *Triticum aestivum* L.; cobalt; respiration; antioxidant system

© Байгильдина Г.И., Федяев В.В., Гарипова М.И., Фархутдинов Р.Г., 2024

РАСТИТЕЛЬНЫЕ ФЛАВОНОИДЫ РЕГУЛИРУЮТ ЧИСЛЕННОСТЬ РИЗОБИЙ В ПРИКОРНЕВОЙ ЗОНЕ

Баймиев Ал.Х.*, Владимирова А.А., Матниязов Р.Т., Лавина А.М.

Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*E-mail: baymiev@mail.ru

Клубеньковым бактериям (ризобиям) для успешной колонизации и инфицирования корней растения-хозяина необходимо противостоять в конкурентной борьбе другим близкородственным ризобиям и посторонней микрофлоре ризосферы. Еще в 60-х годах прошлого века у ризобий были обнаружены соединений различной природы, специфично подавляющие рост гомологичных бактерий.

Ранее с целью изучения способности к подавлению роста родственных бактерий нами был проведен скрининг 1019 штаммов ризобий из коллекции симбиотических ризосферных микроорганизмов «Симбионт» ИБГ УФИЦ РАН. Исследования штаммов ризобий *Rhizobium leguminosarum* и *Neorhizobium galegae*, изолированных из клубеньков 20 видов дикорастущих видов бобовых растений Южного Урала, показали, что подавление роста конкурирующих бактерий ризобиями – довольно распространенное явление и наблюдается у около 10% исследованных штаммов.

В настоящее время нами исследованы условия активации синтеза антибактериальных соединений у 51 штамма ризобий. Штаммы были отобраны по их способности подавлять рост родственных бактерий на твердой питательной среде RM. Показано, что синтез антибактериальных соединений (АС) у ризобий на богатых средах происходит спонтанно и его уровень не зависит от наличия в культуральной среде инородных бактерий или их компонент. Однако синтез АС может кратно увеличиваться под воздействием растительных флавоноидов. Таким образом, именно растение способно регулировать синтез антибактериальных соединений у клубеньковых бактерий. Хотя активация синтеза Nod-факторов у ризобий *R. leguminosarum* bv. *viciae* довольно специфично активируется апигенином, наибольший антибактериальный эффект был достигнут при использовании флавоноидов генистеина и нарингенина. Из этого можно предположить, что активация синтеза АС у исследуемых ризобий не опосредована белком-рецептором NodD.

Ключевые слова: ризобии, антибактериальные соединения, растительные флавоноиды

PLANT FLAVONOIDS REGULATE THE NUMBER OF RHIZOBIA IN THE RHIZOSPHERE

Baymiev Al.Kh., Vladimirova A.A., Matniyazov R.T., Lavina A.M.

¹ Institute of Biochemistry and Genetics UFSC RAS, Ufa, Russia

Key words: rhizobia; antibacterial compounds; plant flavonoids

© Баймиев Ал.Х., Владимирова А.А., Матниязов Р.Т., Лавина А.М., 2024

КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ ГЛИЦИНА И КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ НА МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КЛЕТОК *NITELLA FLEXILIS*

Баланчук А.Н., Крытынская Е.Н.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

angelina.balanchuk@gmail.com

Глицин является одной из наиболее распространённых аминокислот и часто используется в качестве модельной молекулы благодаря своей низкой молекулярной массе. В то же время, глифосат, аналог глицина, применяется как активный компонент десикантов и гербицидов. Несмотря на его эффективность в борьбе с сорняками, использование глифосата связано с потенциальными рисками, такими как загрязнение водоёмов, поскольку около 70% глифосата попадает в водные экосистемы через сток с сельскохозяйственных полей. В то же время, карбоновые кислоты, играющие роль регуляторов роста растений, представляют интерес как биовозобновляемые вещества благодаря своей гибкости и возможности использования их прекурсоров для синтеза различных промышленных химикатов. Салициловая кислота, как и ее миметик, янтарная кислота, всё чаще применяются в качестве стрессовых адаптогенов.

В этой связи целью настоящей работы стало изучение закономерностей мембранотропного действия глицина, а также исследование комбинированного влияния глицина и карбоновых кислот на мембранный потенциал интернодальных клеток харовой водоросли *Nitella flexilis*. Исследование проводилось с применением стандартной методики микроэлектродных измерений и монополярного отведения биопотенциалов, используя искусственную прудовую воду (ИПВ) с рН 7,0 в качестве базового раствора. Для оценки мембранотропной активности глицина и карбоновых кислот применялись расчетные данные, и на основании статистического анализа серии экспериментов строили кривые «доза-эффект».

Согласно кривым «доза-эффект», при увеличении концентрации глицина от 0,01 до 10 ммоль (в условиях освещения) наблюдалось отклонение разности электрических потенциалов клеток *Nitella flexilis* в сторону гиперполяризации на 3 и 14 мВ, соответственно. Низкие концентрации, такие как 0,1 и 0,5 ммоль/л, инициировали отсроченную (через 7–8 мин действия вещества) гиперполяризацию, тогда как высокие (порядка 10 ммоль) – стремительную (по прошествии 1–2 минут). При комбинированном действии 0,01 ммоль кислот достоверных изменений мембранного потенциала не наблюдали. Результаты исследования подтвердили, что концентрация 0,01 ммоль салициловой кислоты не вызывает изменений потенциала реверсии ионного тока для калиевых каналов обоих типов. Однако повышение уровня салициловой кислоты до 0,1-1 ммоль на фоне глицина (0,01 ммоль) вызывало обратимую деполяризацию мембраны в среднем на 19-82 мВ, что было неожиданным, так как сама кислота при тех же концентрациях не приводила к достоверным отклонениям. Это свидетельствует о том, что кислота может воздействовать на клеточные пути или молекулы, которые регулируют ответ на глицин. Похожая картина наблюдалась и для янтарной кислоты: в низких ее концентрациях (0,01 – 0,1 ммоль) совместно с глицином (0,01 ммоль) регистрировали незначительные отклонения мембранного потенциала в сторону деполяризации. При концентрации 1 ммоль отмечали резкую деполяризацию мембранного потенциала клеток *Nitella flexilis*, однако она была менее выраженной по сравнению с деполяризацией, вызванной салицилатом, и составила в среднем 68 мВ. Эти данные подтверждают, что карбоновые кислоты оказывают деполяризующее действие в зависимости от их концентрации и присутствия экзогенного глицина.

Ключевые слова: глицин, карбоновые кислоты, *Nitella flexilis*, мембранный потенциал

COMBINED EFFECT OF GLYCINE AND CARBOXYLIC ACIDS ON THE MEMBRANE POTENTIAL OF *NITELLA FLEXILIS* CELLS

Balanchuk A.N., Krytynskaya E.N.

Belarusian State University, Minsk, Belarus

Key words: glycine, carboxylic acids, *Nitella flexilis*, membrane potential

© Баланчук А.Н., Крытынская Е.Н., 2024

ИНТЕНСИВНОСТЬ ОСВЕЩЕНИЯ КАК ФАКТОР РОСТА ЭНДОБИОТИЧЕСКИХ ГРИБОВ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ МОХООБРАЗНЫХ *IN VITRO*

Бельшенко А.Ю.*, Имидоева Н.А., Малыгина Е.В., Дмитриева М.Е., Вавилина Т.Н., Третьякова А.В., Аксёнов-Грибанов Д.В.

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

*E-mail: al.belyshenko@gmail.com

Современные методы культивирования растений *in vitro* являются основополагающими для получения здоровых растений, быстрого размножения редких генотипов, трансформации генома и производства растительных метаболитов, обладающих коммерческой ценностью. Несмотря на то, что моховидные растения обладают рядом достоинств и преимуществ при использовании в биотехнологических процессах, немногочисленными отмечаются исследования, посвященные введению мохообразных в культуру *in vitro*. Существующие протоколы культивирования *in vitro* специфичны для каждого вида, что в значительной степени усложняет использование методов культивирования растительных тканей моховидных растений.

Для введения в культуру *in vitro* мха рода *Isothecium sp.* (Brid.) использовали споры, полученные из зрелых нераскрывшихся коробочек. Предварительно коробочки дезинфицировали в 70% этиловом спирте в течение 30 сек. Затем коробочки выдерживали 5 мин. в свежеприготовленном 4% растворе гипохлорита натрия и трехкратно промывали в стерильной дистиллированной воде по 3 мин. Коробочки переносили в раствор антибиотика (пенициллин G-50000 ед/фл.) на 10 мин. с последующей промывкой в стерильной дистиллированной воде 5 мин. Подсушив коробочки на стерильных впитывающих салфетках, их вскрывали, а споры переносили на агаризованную среду Тамия (50%) в чашки Петри. Культивирование проводили в течение 2 недель при температуре 22-24 °С, до образования первичной протонемы. Для освещения использовали фитолампы (900-1200 Лк.) с фотопериодом 16/8 ч. и фотосинтетическим фотонным потоком 9 мкМоль/с. Субкультивирование проводили 2 раза (каждые 7 дней). Затем развитые экспланты без признаков бактериальной либо грибковой обсемененности, переносили в колбы с жидкой средой Тамия (50%) для глубинного культивирования. Выращивание проводили на орбитальном шейкере при интенсивности вращения 120 об/мин. с температурными и световыми параметрами, указанными выше. После 2 недель культивирования была увеличена интенсивность освещения (до 2000-2200 Лк.) и изменен фотопериод (12/12 ч). Это вело к появлению интенсивной контаминации через 4 дня. Выделенный эндофит был выделен в чистую культуру с применением классических методов микробиологии и идентифицирован с применением ПЦР и секвенирования. Согласно материалам молекулярной идентификации, симбионт идентифицирован как *Penicillium citrinum* (Thom). Микрофотографии свидетельствуют о прорастании *P. citrinum* из спор *Isothecium sp.*

Таким образом, эндобиотические грибы могут представлять проблему при установлении и поддержании культур *in vitro* многих видов мохообразных. До сих пор функциональные и экологические аспекты грибных ассоциаций в бриофитах находятся на начальной стадии изучения. Потому следует учитывать, что при использовании стандартных протоколов культивирования *in vitro*, изменение параметров интенсивности света может провоцировать рост эндобиотических грибов в раннее визуально не обсемененных эксплантах.

Ключевые слова: культивирование мохообразных; эндофиты; стерилизация спор

LIGHT INTENSITY AS A FACTOR OF ENDOBIOTIC FUNGI GROWTH IN *IN VITRO* CULTIVATION OF MOSSES

Belyshenko A.Yu.*, Imidoeva N.A., Malygina E.V., Dmitrieva M.E., Vavilina T.N., Tretyakova A.V., Axenov-Gribanov D.V.

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Key words: moss cultivation; endophytes; spore sterilisation

© Бельшенко А.Ю., Имидоева Н.А., Малыгина Е.В., Дмитриева М.Е., Вавилина Т.Н., Третьякова А.В., Аксёнов-Грибанов Д.В., 2024

ИЗМЕНЕНИЯ В АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЕ ПОБЕГОВ ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ СОРТА «КУРЬЕР», ПОЛУЧЕННЫХ ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПРЕПАРАТОМ «АГРОКОР»

Бережнева З.А.^{1*}, Мусин Х.Г.¹, Березин А.А.², Кулуев Б.Р.^{1,2}

¹ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

* berezhneva-z@yandex.ru

Предпосевная обработка семян биопрепаратами является перспективным и довольно доступным методом улучшения урожайности различных сельскохозяйственных культур, в том числе яровой пшеницы мягкой. Такая предпосевная обработка оказывает влияние на ростовые и физиологические процессы растительного организма уже на стадии прорастания семян, а также улучшает устойчивость к различным стрессовым факторам, в том числе, через влияние на некоторые компоненты антиоксидантной системы. Целью данной работы является оценка влияния нового рост-стимулирующего препарата «Агрокор» на компоненты антиоксидантной системы в побегах яровой пшеницы мягкой сорта «Курьер» после предпосевной обработки семенного материала в условиях умеренной засухи. Семена яровой пшеницы мягкой перед посадкой в грунт предварительно замачивались в водной суспензии «Агрокор» в концентрациях 10 мл/л, 2 мл/л и в дистиллированной воде (контроль) в течение 2 часов. Семена после обработки не промывались. Перед началом эксперимента по засухе, растения пшеницы росли на светоплощадке в течение двух недель при нормальных условиях с двухразовым поливом в неделю. Эксперимент по засухе начинали, когда растения достигли возраста 14 дней и продолжали в течение 6 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 56-дневных побегов были заморожены на -80 °С в микропробирках по 100 мг ткани в 6 повторностях, которые в дальнейшем были использованы для биохимического анализа компонентов антиоксидантной системы. Общая антиоксидантная способность и содержание водорастворимых сахаров у растений пшеницы, обработанных препаратом в концентрации 10 мл/л оказались выше по сравнению с контролем. Активности гваяколпероксидазы и глутатион-S-трансферазы были высокими в побегах растений обработанных препаратом в концентрации 2 мл/л. Также предпосевная обработка семян препаратом в обеих концентрациях положительно повлияла на уменьшение количества малонового диальдегида в побегах пшеницы. Однако предобработка препаратом не оказало существенного влияния на активность супероксиддисмутазы и на содержание общего растворимого белка в побегах пшеницы мягкой. Таким образом, предпосевная обработка семян мягкой пшеницы препаратом «Агрокор» улучшает ряд показателей антиоксидантной системы в растущих побегах при засухе, что делает данный препарат перспективным для использования в сельском хозяйстве для повышения засухоустойчивости.

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

CHANGES IN THE ANTIOXIDANT SYSTEM OF «KUR'ER» BREAD WHEAT SHOOTS OBTAINED AFTER SEED TREATMENT WITH «AGROKOR»

Berezhneva Z.A.¹, Musin Kh.G.¹, Berezin A.A.², Kuluev B.R.^{1,2}

¹ Institute of Biochemistry and Genetics UFRC RAS, Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

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

© Бережнева З.А., Мусин Х.Г., Березин А.А., Кулуев Б.Р., 2024

МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАМЫКАЮЩИХ КЛЕТОК УСТЬИЦ РАСТЕНИЙ *LACTUCA SERRIOLA* L., ПОЛУЧЕННЫХ ПОСЛЕ ХИМИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННОГО МУТАГЕНЕЗА КОЛХИЦИНОМ

Березин А.А.^{1*}, Бережнева З.А.², Кулуев Б.Р.^{1,2}

¹ Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

² Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

* advskills_s@mail.ru

Химически индуцированный мутагенез продолжает активно использоваться в селекции культурных растений. С его помощью уже создано более 3000 мутантных сортов растений с хозяйственно ценными признаками, не только по увеличению урожайности, но и получению различных декоративных форм, а также по накоплению вторичных метаболитов в различных частях растений. Для проведения индуцированного мутагенеза используется большое количество различных мутагенов, таких как диметилсульфат, диэтилсульфат, азид натрия и другие. Для получения полиплоидов, межвидовых гибридов и чистых линий большого количества сельскохозяйственных растений используют колхицин, так как он разрушает веретено деления при мейозе и препятствует дальнейшему расхождению хромосом. Одним из косвенных признаков полиплоидных растений является увеличение количества хлоропластов в замыкающих клетках устьиц листьев, которых можно легко посчитать под световым микроскопом. Латук дикий (*Lactuca serriola* L.) – травянистое растение, которое считается диким предшественником культурного салата-латука, способное накапливать высокомолекулярный каучук в своих корнях. Целью данного исследования был подсчет числа хлоропластов в замыкающих клетках устьиц в растениях латука дикого второго поколения, полученных в результате обработки семян колхицином в концентрациях 0,0125% и 0,025%. Для микроскопического анализа был использован нижний эпидермис листа 2 месячных растений латука, окрашенный 2% водным раствором нитрата серебра в течение 20 минут. В качестве контроля использовался эпидермис листа природной формы латука дикого. Окрашенные хлоропласты ($n = 30$ устьиц для каждого исследованного растения) подсчитывали на флуоресцентном микроскопе Biozero VZ-8100 (Япония) при увеличении 160х. В результате проведенных исследований было выявлено, что в природных растениях латука дикого количество хлоропластов в замыкающих клетках устьиц варьирует от 14 до 16. У линии № 5 латука, полученного после обработки колхицином в концентрации 0,025%, наблюдалось увеличение количества хлоропластов в замыкающих клетках устьиц до 19 штук. Среди растений, полученных при использовании 0,0125% раствора колхицина отклонений в числе хлоропластов от контроля не обнаружено. Полученные данные позволяют предположить, что растения линии № 5 полиплоидны, однако для доказательства увеличения числа хромосом необходимо провести анализ относительного содержания ДНК методом проточной цитофлуориметрии.

Ключевые слова: число хлоропластов; клетки устьиц; *Lactuca serriola*; полиплоидия; колхицин

MICROSCOPIC ANALYSIS OF GUARD CELLS OF *LACTUCA SERRIOLA* L. PLANTS OBTAINED AFTER CHEMICALLY INDUCED MUTAGENESIS WITH COLCHICINE

Berezin A.A.¹, Berezhneva Z.A.², Kuluev B.R.^{1,2}

¹ Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

² Institute of Biochemistry and Genetics UFRC RAS, Ufa, Russia

Keywords: chloroplast number; stomatal cells; *Lactuca serriola*; polyploidy; colchicine

© Березин А.А., Бережнева З.А., Кулуев Б.Р., 2024

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЙ РОДА *BACILLUS* НА РОСТ, УРОЖАЙНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ К ВИРУСНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЯМ РАСТЕНИЙ ТОМАТОВ *SOLANUM LYCOPERSICUM* (L.)

Веселова С.В.^{1*}, Сорокань А.В.¹

¹ Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Уфа, Россия

*Email: veselova75@rambler.ru

Вирусы растений являются наиболее опасными фитопатогенами, так как они поражают все известные сельскохозяйственные культуры, что приводит к большим агрономическим потерям. Томаты (*Solanum lycopersicum* L.) — одна из самых распространенных и ценных овощных культур в мире. Потери урожая томатов, вызванные вредными организмами, достигают 78% ежегодно. В настоящее время для культуры томата известно около 500 вредных организмов, в том числе 136 видов вирусов. Вирусные болезни являются одной из самых опасных групп заболеваний на томатах, так как могут привести либо к полной потере урожая, либо к снижению их продуктивности. В настоящее время для защиты растений от вирусов применяются химические агенты с противовирусной активностью и пестициды для борьбы с переносчиками вирусных заболеваний, однако эти соединения токсичны для растений, животных и человека, при этом к ним развивается резистентность у вирусов и их переносчиков. Экологически безопасная защита растений от вирусов в настоящее время связана с использованием препаратов на основе ризосферных и эндофитных стимулирующих рост растений бактерий (СРРБ) и их метаболитов. Механизмы защиты растений от вирусной инфекции с участием бактерий связаны с непосредственным разрушением вирусных частиц бактериальными протеазами, нуклеазами и липопептидами, с выработкой бактериями инсектотоксичных метаболитов, направленных против переносчиков вирусов – насекомых-вредителей и с активацией системной устойчивости хозяина различными бактериальными паттернами. Кроме того, СРРБ способны стимулировать рост растений и повышать их урожайность. В нашей работе инфицирование растений томатов двух сортов Воловье сердце (ВС) (восприимчивый) и Урал (устойчивый) X-вирусом картофеля (ХВК) или Y-вирусом картофеля (YBK) приводило к снижению роста у обоих сортов в 3-4 раза и вело к потере урожая. Обработка растений томатов штаммами *Bacillus subtilis* 26Д и *B. subtilis* Ttl2 снижала накопление РНК ХВК и YBK у обоих сортов, увеличивала скорость роста зараженных растений и восстанавливала урожай на 30-105%. Наши результаты показали, что обработка растений бактериями приводила к увеличению активности рибонуклеаз и протеаз в растениях и индуцировала системную устойчивость с помощью регуляции генерации активных форм кислорода и редокс-ферментов, что вело к активации экспрессии генов PR-белков маркеров салицилат- и жасмонат-сигнальных путей, таких как *PR1*, *PR4*, *PR5*, *PR6*, *PR10*. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00025.

Ключевые слова: *Bacillus* spp.; *Solanum lycopersicum*; вирусы; системная устойчивость; урожайность

THE INFLUENCE OF *BACILLUS* SPP. ON GROWTH, YIELD AND RESISTANCE TO VIRAL DISEASES OF TOMATO PLANTS (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.)

Veselova S.V.^{1*}, Sorokan A.V.¹

¹ Institute of Biochemistry and Genetics, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: *Bacillus* spp.; *Solanum lycopersicum*; viruses; systemic resistance; yield

© Веселова С.В., Сорокань А.В., 2024

ВЗГЛЯД НА РОЛЬ ОКСИДА АЗОТА (II) У ПИКОВОДОРΟΣЛЕЙ РОДА *OSTREOCOCCUS* ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ МЕТАБОЛИЗМА АРГИНИНА

Власова В. А., Залуцкая Ж.М., Лапина Т.В., Шакиев Р.В., Стаинов В.Р., Аношкина Л.Д., Ермилова Е.В.*

Санкт-Петербургский государственный университет, биологический факультет, Санкт-Петербург, Россия

*e.ermilova@spbu.ru

Оксид азота II (NO) принадлежит к категории редокс-активных молекул, которые координируют многие физиологические и биохимические процессы в организмах разного уровня организации. Полученные в последние годы результаты показывают, что наряду с высшими растениями, зеленые водоросли представляют собой перспективную экспериментальную модель для понимания эволюции NO-зависимых регуляторных сетей. У зеленых одноклеточных пиководорослей, принадлежащих к классу Mamiellophyceae, *Ostreococcus tauri* и *Ostreococcus lucimarinus* выявлены гомологи NO-синтаз животных (NOS), которые катализируют генерирование оксида азота (II) (NO) и цитруллина из аргинина. Наличие NOS только у некоторых зеленых водорослей поднимает вопрос о потенциальном значении этого фермента для представителей Mamiellophyceae.

Ранее отмечалась роль NO у Chlorophyta в посттрансляционной модификации (ПТМ) белков путем S-нитрозирования (Ermilova, 2023). По нашим данным этой ПТМ у обоих водорослей подвергается ключевой фермент в биосинтезе аргинина – N-ацетил-L-глутаматкиназа (NAGK). Т.о., нами впервые выявлена функция NO в метаболизме аргинина у представителей фотосинтезирующих эукариот.

Анализ действия NO на рекомбинантные OtNAGK и OINAGK выявил снижение активности нитрозированных ферментов. По нашему мнению, таким образом клетки пиководорослей осуществляют тонкую настройку синтеза уровней аргинина, используя при этом образующийся NO. Кроме того, в отсутствие ферментов, обеспечивающих детоксикацию внутриклеточного оксида азота (II), этот механизм позволяет *O. tauri* и *O. lucimarinus* избежать сверхпродукции редокс-молекулы, высокие уровни которой могут быть токсичны для клеток.

Список литературы

Ermilova E.V. Nitric Oxide (II) in the Biology of Chlorophyta. *Mol Biol* **57**, 921–928 (2023).

Ключевые слова: оксид азота; NO-синтаза; S-нитрозирование; биосинтез аргинина; *Ostreococcus*

A LOOK AT THE ROLE OF NITRIC OXIDE (II) IN THE PICOVOROUS ALGAE OF THE GENUS *OSTREOCOCCUS* THROUGH THE PRISM OF ARGININE METABOLISM

Vlasova VA., Zalutskaya Zh.M., Lapina T.V., Shakiev R.V., Statiniv V.R., Anoshkina L.D., Ermilova E.V.*

Saint-Petersburg State University, Biological Faculty, Russia

Keywords: nitric oxide; NO-synthase; S-nitrosation; arginine biosynthesis; *Ostreococcus*

© Власова В. А., Залуцкая Ж.М., Лапина Т.В., Шакиев Р.В., Стаинов В.Р., Аношкина Л.Д., Ермилова Е.В., 2024

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСТЕНИЙ РОДА *TULIPA* ПРИ ПРОИЗРАСТАНИИ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ КАЛМЫКИИ

Волошина Т.В.*, Мучкаева В.М.

ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», Элиста, Россия
*tat-vol.94@mail.ru

Изучение биологических особенностей и экологии редких и исчезающих видов растений способствует выявлению механизмов, обеспечивающих устойчивое существование видовых популяций, помогает дать объективную оценку состояния редких видов и организовать их действенную охрану. На территории Республики Калмыкия краснокнижными являются три вида тюльпанов: Тюльпан Геснера (*Tulipa gesneriana* L.), Тюльпан Биберштейна (*Tulipa biebersteiniana* Schult. et Schult. fil.), Тюльпан Двухцветковый (*Tulipa biflora* Pall.). У этих трех видов тюльпанов хорошо изучены ботанические характеристики, но отсутствуют сведения о физиологических особенностях этих растений, их водном режиме и ростовых процессах. Данные растения приспособили свой жизненный цикл к произрастанию в аридных условиях степной зоны Калмыкии. Тюльпаны относятся к эфемероидам и их размножение проходит в самый благоприятный период весной за короткие сроки, то есть они избегают засуху. В условиях изменения климата и нестабильности погодных условий, изучение физиологических особенностей водного режима и ростовых процессов растений становится все более актуальным. Поэтому были исследованы физиологические особенности водного режима и ростовых процессов двух видов тюльпанов: Тюльпана Геснера, Тюльпана Биберштейна, произрастающих на территории Калмыкии. Анализ водного режима тюльпанов показал, что большая общая оводненность целого растения характерна в начале цветения для Тюльпана Геснера (87,0%). Содержание воды у Тюльпана Биберштейна в целом растении достигало только 81,1 %. В листьях больше воды было у Тюльпана Геснера (85,5 %) на этом сроке по сравнению с Тюльпаном Биберштейна, оводненность листьев которого 80,9%. Показано, что интенсивность транспирации была выше у Тюльпана Геснера и составила 231 мг/г*час, т.к. он имеет более крупные листья, по сравнению с Тюльпаном Биберштейна. Выявлено, что при произрастании в аридной зоне Калмыкии из изучаемых растений большей высотой отличались Тюльпаны Биберштейна (25 см). Тюльпан Геснера имел высоту 23 см. Анализ сырой и сухой биомассы показал, что больший сырой вес (3,58 г) и сухой вес (0,467 г) был у Тюльпана Геснера, имеющего крупные листья, стебли и цветки. У тюльпана Биберштейна они составляли 1,02 г и 0,193 г соответственно.

Исследование биологической специфики двух самых распространенных видов тюльпанов флоры Калмыкии необходимо для оценки их жизненной стратегии, адаптивности и может служить теоретической основой для разработки и для решения вопросов по сохранению их биоразнообразия.

Ключевые слова: Тюльпан Геснера; Тюльпан Биберштейна; оводненность; интенсивность транспирации; рост

PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PLANTS OF THE GENUS *TULIPA* WHEN GROWING IN ARID CONDITIONS OF KALMYKIA

Voloshina T.V., Muchkaeva V. M.

Kalmyk State University, Elista, Russia

Keywords: *Tulipa gesneriana*; *Tulipa biebersteiniana*; water content; transpiration intensity; growth

© Волошина Т.В., Мучкаева В.М., 2024

АНАЛИЗ НУКЛЕОТИДНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ И УРОВНЕЙ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ *ABI3* И *FUS3* У СОРТОВ И ЛИНИЙ ГОРОХА С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА В СЕМЕНАХ

Гайнуллина К.П.^{1,2*}, Заикина Е.А.¹

¹Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

²Опытная станция «Уфимская» УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*karina28021985@yandex.ru

Горох – ценная высокобелковая культура, которая возделывается на обширных площадях во многих странах мира. На создание новых сортов гороха методами традиционной селекции требует 12-15 лет. Современные достижения молекулярной биологии позволяют ускорить этот процесс. Актуальным направлением маркерной селекции гороха является повышение качества его зерна, которое определяется главным образом содержанием белка и его составом. Однако молекулярные маркеры высокого содержания запасных белков семян данной культуры в настоящее время не известны. Целью нашего исследования стал поиск мутаций в генах транскрипционных факторов *ABI3* и *FUS3*, которые в соответствии с литературными данными контролируют процессы биосинтеза и накопления запасных белков семян, и могут быть использованы в качестве ДНК-маркеров высокой белковости. Опыты проводились в 2022-2023 гг. Материалом для исследования послужили 110 сортов и линий гороха из коллекции ВИР. Концентрацию белка в семенах определяли на планшетном спектрофотометре «LS 55 Luminescence Spectrometer» («PerkinElmer», США). Подбор праймеров к нуклеотидным последовательностям генов *ABI3* (AB080195.1) и *FUS3* (XM_051055759.1) осуществляли с помощью программы «PrimerSelect» («DNAStar», США). Для выделения мРНК использовали набор «ExtractRNA» («Евроген», Россия). ПЦР проводили в амплификаторе «Т-100» («Bio-Rad Laboratories», США). Секвенирование выполняли на генетическом анализаторе «ABI Prism 3500» («Applied Biosystems», США). Сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей проводили с помощью программы «MegAlign» («DNAStar», США). Количественное определение содержания мРНК осуществляли методом ОТ-ПЦР в режиме реального времени. В качестве стандарта использовали мРНК гена β -тубулина, уровень экспрессии которого принимали за 100%. В результате анализа содержания белка в семенах изученных сортов и линий гороха было отобрано 12 высокобелковых (23,5-26,1%) и 10 низкобелковых (18,0-19,7%) сортообразцов. В гене *ABI3* идентифицированы три однонуклеотидные замены, которые могут быть связаны с накоплением белка в семенах: 1047 п.н. (Т/С), 1194 п.н. (С/Т) и 1334 п.н. (А/Т), однако только последняя приводит к аминокислотной замене в предсказанной белковой молекуле. Также были выявлены три однонуклеотидные замены в гене *FUS3*: 669 п.н. (Т/Г), 681 п.н. (Т/С) и 996 п.н. (А/С), но ни одна из них не приводит к изменениям в аминокислотной последовательности. Уровни экспрессии генов *ABI3* и *FUS3* на всех стадиях развития семян зависели от генотипа изученных сортообразцов. Корреляции между уровнями экспрессии этих генов и содержанием белка в семенах обнаружить не удалось.

Ключевые слова: горох; запасные белки семян; *ABI3*; *FUS3*; факторы транскрипции

ANALYSIS OF NUCLEOTIDE SEQUENCES AND EXPRESSION LEVELS OF THE *ABI3* AND *FUS3* GENES IN PEA CULTIVARS AND LINES WITH DIFFERENT SEED PROTEIN CONTENT

Gainullina K.P.^{1,2*}, Zaikina E.A.¹

¹Institute of Biochemistry and Genetics UFRC RAS, Ufa

²Experimental Station «Ufinskaya» UFRC RAS, Ufa

Keywords: pea; seed storage proteins; *ABI3*; *FUS3*; transcription factors

© Гайнуллина К.П., Заикина Е.А., 2024

РИЗОСФЕРНЫЕ ЭНТЕРОБАКТЕРИИ И СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ

Гальперина А.Р.*, Сопрунова О.Б.

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»

* alina_r_s@rambler.ru

В условиях лабораторных экспериментов оценивали роль ризосферных энтеробактерий в повышении устойчивости растений к осмотическому стрессу на примере горчицы белой (*Sinapis alba*). Определяли влияние ризосферных энтеробактерий на: прорастание семян горчицы в опыте *in vitro* и на рост и развитие растений горчицы в микровегетационном опыте в условиях осмотического стресса.

В экспериментальных исследованиях использовали 6 штаммов ризосферных энтеробактерий, выделенных из прикорневой зоны культурных и дикорастущих растений аридных экосистема Астраханской области в 2019-2022гг и определенных как представители рода *Enterobacter*. Осмотический стресс семенам и растениям создавали путем внесения растворов хлорида натрия концентрацией 0,2%, 0,4%, 0,6%. В опыте *in vitro* простерилизованные семена замачивали в водных суспензиях штаммов микроорганизмов, помещались во влажные камеры и заливались 5 мл соляных растворов. В микровегетационном опыте семена обрабатывали суспензией микроорганизмов дважды – замачивали перед посевом и опрыскивали на стадии 1-2 настоящего листа. Осмотический стресс создавали поливом соляными растворами взошедших растений.

В результате экспериментальных исследований выявлено, что в условиях солености 0,2% высокая всхожесть ($\geq 80\%$) наблюдается при действии 4 штаммов; при солености 0,4% - 4 штаммов; при 0,6% - 2 штаммов. При этом отмечено, что всхожесть необработанных суспензией семян снижается с увеличением солености от 0,2% до 0,6% и составляет 72, 50 и 42% соответственно. Исследование морфометрических параметров проростков выявило стимулирующий эффект на развитие стебля у 5 штаммов при солености 0,2%; у 3 штаммов – при 0,4% и 1 штамма при 0,6%. Развитие корня активно стимулируется 5 штаммами при солености 0,2%; 2 штаммами - при 0,4% и всеми штаммами - при 0,6%.

В микровегетационном опыте использовали 2 штамма, способствующие высокой всхожести ($\geq 80\%$) и стимулирующие развитие стебля и корня до 110% и 50% соответственно при всех вариантах солености. Контролем служили растения, развивающиеся без воздействия осмотического стресса и исследуемых микроорганизмов. Исследования показали, что оба штамма стимулируют только развитие корня во всех вариантах солености, в то время как развитие стебля ниже, чем в контроле на 15-50%. Масса проростков также была снижена по сравнению с контролем на 30-50%.

Таким образом, отмечено, что в условиях повышенной солености до 0,6% ризосферные энтеробактерии способны стимулировать прорастание семян и развитие проростков горчицы белой (*Sinapis alba*). В условиях микровегетационного опыта стимулирующее действие штаммов микроорганизмов наблюдалось только на развитие корней растений горчицы белой (*Sinapis alba*). Исследуемые штаммы способны бороться с негативным действием солевого стресса на семена и растения.

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

Ключевые слова: ризосферные микроорганизмы; засоление; солевой стресс

RHIZOSPHERE ENTEROBACTERIA AND SALT TOLERANCE OF PLANTS

Galperina A.R., Soprunova O.B.

Astrakhan state technical university

Keywords: rhizosphere microorganisms; salinization; salt stress

© Гальперина А.Р., Сопрунова О.Б., 2024

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И БИОПРЕПАРАТОВ НА МИКРООРГАНИЗМЫ РИЗОСФЕРЫ РАСТЕНИЙ-ФИТОРЕМЕДИАНТОВ

Григориади А.С., Хамидуллин А.Р., Фархутдинов Р.Г.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

* grigoriadias@uust.ru

Возвращение нарушенных территорий после нефтяного загрязнения крайне длительный процесс, обусловленный сложностью состава поллютанта. Одним из эффективных методов рекультивации нефтезагрязненной почвы является использование микробных препаратов совместно с растениями-фиторемедиантами, что позволяет максимально полно разрушать нефтяные углеводороды. Целью исследования являлась оценка микробиологической активности прикорневой зон подсолнечника однолетнего, используемого в качестве фиторемедианта, под влиянием нефтяного загрязнения и использования биопрепарата. Для постановки опыта использовали чернозем Кугарчинского района Республики Башкортостан, загрязненный товарной нефтью в концентрации 4%. Для обработки почвы использовался микробный препарат «Ленойл Nord», в состав которого входят бактерии *Pseudomonas turukhanskensis* ИБ 1.1 (титр не менее $1 \cdot 10^8$ КОЕ/г) в качестве активного агента деструкции нефтяных углеводородов. Через 30 суток проводили посадку растений подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.) сорт Бомбардир. Отбор почвенных образцов проводили из ризосферы 30-суточных растений путем соскабливания стерильным скальпелем почвы с корней. В качестве контроля использовали почву из ризосферы растения, выращенных на незагрязненной почве.

Общее микробное число в ризосфере под влиянием нефтяного загрязнения повысилось по сравнению с контрольными образцами в 6,5 раз. Это явление закономерно, т.к. частично при относительно невысоких дозах загрязнитель может использоваться как источник питания, а также растительные экссудаты стимулируют развитие микроорганизмов в ризосфере. Дополнительное внесение углеводородокисляющего препарата привело к увеличению показателя в 2,5 раза по сравнению с контролем, следует учесть, что на стандартной питательной среде учесть численность специализированных бактерий, разрушающих компоненты нефти, не удастся, поэтому рост данного показателя не столь значителен, как в образцах загрязненной почвы. В тоже время при оценке численности углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ), ожидаемо, в пробах, обработанных Ленойлом, отмечалась максимальная численность данной группы микроорганизмов. Если численность аборигенных УОМ выросла в 2 раза, то с применением препарата – в 10 раз по сравнению с контролем. Численность азотофиксаторов под воздействием нефти снижалась, однако под влиянием Ленойла не настолько сильно. Влияние как нефти, так и ремедиационных мероприятий не оказало существенного влияния на численность микроскопических грибов.

Таким образом, микробиологическая активность ризосферы *Helianthus annuus* L. под влиянием обработки препаратом «Ленойл» повышалась, что косвенно является признаком активации процессов деструкции поллютанта.

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-24-00358, <https://rscf.ru/project/23-24-00358/>.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение; ризосферные микроорганизмы; *Helianthus annuus*; биопрепараты

INFLUENCE OF OIL POLLUTION ON MICROORGANISMS OF THE RHIZOSPHERE OF PHYTOREMEDIANT PLANTS

Grigoriadi A.S., Khamidullin A.R., Farkhutdinov R.G.

Ufa University of Science and Technology, Ufa

Keywords: oil pollution; rhizosphere microorganisms; *Helianthus annuus*; biopreparations

© Григориади А.С., Хамидуллин А.Р., Фархутдинов Р.Г., 2024

ФОТОБИОНТЫ ЛИШАЙНИКОВ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ КЕТОКАРОТИНОИДОВ

Данцюк Н.В., Мансурова И.М.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, Россия

*e-mail: nterent@mail.ru

В различных районах горного и прибрежного Крыма широко распространены эпилитные и эпифитные лишайники, окрашенные в желто-бурые и красно-оранжевые цвета, встречающиеся на различных поверхностях, таких как кора лиственных деревьев и кустарников, известняковые и гранитные валуны, бетонные стены, скалы и искусственные конструкции. Согласно литературным данным, род *Xanthoria* (Teloschistaceae, Teloschistales) является одним из самых распространенных лишайников в Крыму, встречающимся практически во всех растительных зонах полуострова. Фотобионтами крымских лишайников чаще всего являются представители зеленых микроводорослей родов *Trentepohlia*, *Trebouxia* и *Asterochloris* из отделов *Ulvophyceae* и *Trebouxiophyceae* (Войцехович, 2013; Voytsekhovich, Beck, 2015). Отмечено, что некоторые представители вышеуказанных родов демонстрируют высокую экологическую пластичность при адаптации к экстремальным условиям окружающей среды (действию погранично высоких температур и солнечной радиации) благодаря накоплению в цитоплазме клеток вторичных каротиноидов (Czeczuga et al., 2004; Войцехович, 2013; Voytsekhovich and Beck, 2015). Явление вторичного каротиногенеза представляет существенный научный и практический интерес для исследования механизмов стресс-толерантности наземных *Chlorophyta* и получения из них высокоэффективных адаптогенов, и антиоксидантов, включая каротиноиды группы астаксантина. Учитывая высокое биоразнообразие фотобионтов в лишайниках, они могут являться потенциальным источником поиска новых апосимбионтных каротиногенных видов микроводорослей, пригодных для массового культивирования. Нами была модифицирована методика выделения в культуру клеток лишайниковых фотобионтов, предложенная в (Fontaniella et al., 2000). Выбор данной методики основывался на доступности и простоте приготовления рабочих растворов. Суть модификации заключалась в нахождении оптимальных количественных соотношений массы полевых образцов и объемов рабочих растворов для выделения микроводорослей. Используя вышеуказанную методику, из 9-ти полевых проб, изолированных в прибрежных и горных районах г. Севастополя в весенне-летний период, были выделены коккоидные клетки фотобионтов лишайников. Прорастание первых колоний клеток водорослей на агаризованной питательной среде BBM (Bischoff, H. W. and Bold, H. C., 1963) наблюдалось спустя 2-4 недели их содержания при температуре 15°C, плотности потока ФАР 26 мкмоль фотонов/(м²·с) с фотопериодом 15 ч свет: 9 ч темнота, приближенным к природному. При длительном хранении культур (более 1 месяца) в этих условиях у двух изолятов отмечалось изменение цвета колоний с зеленого на красно-бурый, что свидетельствует о синтезе кетокаротиноидов и является характерной особенностью каротиногенных микроводорослей. Это явление служит основой интереса к данным штаммам как перспективным природным источникам кетокаротиноидов, что предполагает дальнейшие детальные исследования по установлению таксономического положения микроводорослей, описанию морфологии и определению их физиолого-биохимических характеристик.

Ключевые слова: фотобионты; кетокаротиноиды; каротиногенные микроводоросли

Работа выполнена в рамках гранта № 24-26-20121 «Создание биоресурсной коллекции каротиногенных водорослей крымского региона».

PHOTOBIONTS OF LICHENS - POTENTIAL SOURCES OF KETOCAROTENOIDS

Dantsyuk N.V., Mansurova I.M.

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS

Keywords: photobionts; ketocarotenoids; carotenogenic microalgae

© Данцюк Н.В., Мансурова И.М., 2024

СУТОЧНАЯ РИТМИКА УСТЬИЧНЫХ ДВИЖЕНИЙ РАСТЕНИЙ СУПРАЛИТОРАЛИ-ЛИТОРАЛИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ (ЗЕЛЕНЕЦКАЯ ГУБА)

Добычина Е.О.*, Рыжик И.В.

Мурманский морской биологический институт Российской академии наук

* katyadobychina@yandex.ru

Растения *Honckenya peploides* и *Cochlearia arctica* являются распространёнными представителями флоры на Баренцевом море, для них характерно поясное распределение на побережье. *H. peploides* произрастает в супралиторали и во время сизигийного прилива только часть растения погружается в морскую воду. *C. arctica* занимает супралитораль и спускается в высшую литораль, где полностью погружается в прилив. Очевидно, что по частоте, времени и глубине заливания *C. arctica* находится в более изменчивых условиях, по сравнению с *H. peploides*.

Лист растений – это наиболее пластичный орган, в его структуре ярче всего отражается характер воздействия факторов на организм. Устьица, в свою очередь, обеспечивают газо- и водообмен. Изучение суточной ритмики устьичных движений позволит углубить понимание функционирования биологических часов растений, что может помочь в раскрытии механизмов, которыми регулируются физиологические процессы и адаптация к циклическим изменениям окружающей среды.

Цель работы: исследование суточной ритмики устьичных движений *H. peploides* и *C. arctica*.

Отбор проб производили в течение суток каждые 2 часа (с 9 по 21 ч) в июле и августе 2023 г в районе сезонной биостанции Дальние Зеленцы (ММБИ РАН). Параллельно с этим были отобраны пробы *H. peploides* из лабораторных условий. Данная часть работы была выполнена для выявления эндогенных ритмов регулирования устьичных движений. В лаборатории растения находились при постоянных освещенности ФАР 1200 ммоль/м²с и температура воздуха +8 °С, фотопериод 24/0 = свет/темнота. Растения предварительно были акклимированы в течение трех суток. Растения фиксировали 70% спиртом. Анатомио-морфологическое исследование выполняли по стандартной методике.

Показано, что растения адаптированы к сложным условиям приливо-отливной зоны, при этом имеют схожие и различные стратегии в анатомио-морфологическом строении. Выявлено, что суточная активность движений устьиц у растений схожая и реагирует на изменение интенсивности освещения, при этом реакция устьичного аппарата на заливание в прилив разная. Увеличение устьичной щели у *H. peploides* происходит сразу, у *C. arctica* на второй час погружения. В постоянных условиях лаборатории движений устьиц *H. peploides* практически не наблюдается. Таким образом, суточная ритмика устьичных движений находится под воздействием комплексного фактора приливо-отливного цикла. В течение суток на примере *H. peploides* обнаружено лишь минимальное эндогенное влияние на ритмику открытия устьичной щели.

Ключевые слова: супралитораль; литораль; устьица; суточная динамика

THE DAILY RHYTHM OF STOMATAL MOVEMENTS OF PLANTS IN THE SUPRALITTORAL-LITTORAL OF THE BARENTS SEA (ZELENETSKAYA BAY)

Dobychina E.O.*, Ryzhik I.V.

Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences

Key words: supralittoral; littoral; stomata; diurnal dynamics

© Добычина Е.О., Рыжик И.В., 2024

**ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОГО ВИДА
COELASTRELLA SP. NOV. (CHLOROPHYTA, SCENEDESMACEAE)
ИЗ ГОРНО-ТУНДРОВОГО СООБЩЕСТВА НА СЕВЕРНОМ УРАЛЕ (РОССИЯ)**

Дымова О.В.^{1*}, Новаковская И.В.¹, Паршуков В.С.¹, Патова Е.Н.¹

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар

*dymovao@ib.komisc.ru

Род *Coelastrella* включает свободноживущие водоросли, распространенные в водных и наземных местообитаниях (Novakovskaya et al., 2021; Guiry, Guiry, 2024; etc.). В настоящее время эта группа организмов активно изучается с привлечением полифазного подхода, описываются новые виды, ведутся физиолого-биохимические и биотехнологические исследования. Благодаря способности производить хлорофиллы (Хл), каротиноиды (Кар), липиды виды *Coelastrella* представляют интерес для получения биологически активных веществ (БАВ) и биотоплива (Minyuk et al. 2017; Maltsev et al., 2021; etc.). Ранее нами рассмотрены морфологические особенности и филогенетические отношения пяти сходных по морфологии штаммов рода *Coelastrella* из коллекций живых культур водорослей Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Сыктывкар, Россия) (SYKOA Ch-045-09, SYKOA Ch-047-11, SYKOA Ch-072-17) и Гербария Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (Иркутск, Россия) (IRK-A 2, IRK-A 173) (Novakovskaya et al., 2021). Филогенетический анализ на основе нуклеотидных последовательностей SSU rDNA и ITS показал, что штамм SYKOA Ch-072-17 имеет три hemi-CBCs замены, которые отличают его от штаммов *C. rubescens* и две hemi-CBCs от *C. rubescens* var. *oocystiformis*. На основании этого предположили, что штамм SYKOA Ch-072-17, выделенный из почвы пятнистой кустарниково-лишайниковой тундры на Северном Урале в России, является новым видом. Для подтверждения этой гипотезы недоставало данных по гену *tufA*. Известно, что топология филогенетического дерева, основанного на гене *tufA*, более четко соответствует морфологическим данным, чем по 18S и ITS (Wang et al., 2019). В данной работе нами установлены филогенетические связи штамма SYKOA Ch-072-17 по гену *tufA*, также определены содержание пигментов и жирнокислотный состав клеток водоросли. Заключение, что оптимальными условиями для получения обогащенной Хл и Кар биомассы *Coelastrella* sp. (SYKOA Ch-072-17) является культивирование на среде Прата в колбе с дополнительным аэрированием в течении 60 сут. Это позволяет получать достаточное количество биомассы с накоплением в ней Хл и Кар. Суммарное содержание Хл достигало 21.1 мг/г (2.1%), Кар были на уровне 3–5 мг/г (0.3–0.5% сухой массы) с последующим их накоплением по мере старения культуры. Подобная тенденция установлена и для других штаммов рода *Coelastrella* (Мальцева и др., 2022). Данные по содержанию жирных кислот обсуждаются. Штамм SYKOA Ch-072-17 может представлять интерес для биотехнологии как источник для получения БАВ, повышая экономическую составляющую данного вида.

Ключевые слова: *Coelastrella* sp., ген *tufA*, культивирование, хлорофиллы, каротиноиды

Финансирование исследований осуществлялось из средств федерального бюджета (№№122040600021-4 и 122040600026-9).

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE NEW SPECIES
COELASTRELLA SP. NOV. (CHLOROPHYTA, SCENEDESMACEAE) FROM THE
MOUNTAIN TUNDRA COMMUNITY IN THE NORTHERN URALS (RUSSIA)**

Dymova O. V. ^{1*}, Parshukov V. S. ¹, Novakovskaya I. V. ¹, Patova E. N. ¹

Institute of Biology of Komi SC UB RAS, Syktyvkar

Key words: *Coelastrella* sp., *tufA* gene, cultivation, chlorophylls, carotenoids

© Дымова О.В., Новаковская И.В., Паршуков В.С., Патова Е.Н., 2024

ФИТОГОРМОНЫ И АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ К ДЕФИЦИТУ КИСЛОРОДА И РЕОКСИГЕНАЦИИ

Емельянов В.В.

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
bootika@mail.ru

Воздействие аноксии приводило к многократному возрастанию уровня свободной абсцизовой кислоты (АБК) в тканях растений пшеницы и риса уже в течение первых часов. Накопление свободной формы гормона происходило за счет гидролиза связанных форм. Содержание индолилуксусной кислоты (ИУК) в тканях исследованных растений также возрастало. У пшеницы (неустойчивого растения) накопление ИУК было лишь кратковременным, а у риса (устойчивое растение) высокий уровень гормона сохранялся на протяжении всего времени действия аноксии, в результате чего концентрация его превышала концентрацию АБК. Уровень цитокининов в тканях обоих растений менялся при аноксии меньше, чем других фитогормонов. Содержание салициловой кислоты (СК) в побегах проростков риса было в 20 раз выше, а в корнях такое же, как у растений пшеницы. В побегах проростков риса в условиях дефицита кислорода было выявлено накопление свободной формы СК, которое происходило одновременно со снижением уровня связанных форм. В корнях проростков риса, а также в проростках пшеницы аккумуляции при аноксии СК не было обнаружено. Предполагается, что ИУК и СК, аккумулируемые в проростках риса в аноксических условиях, способствуют поддержанию роста, тогда как у неустойчивой к гипоксии пшеницы остановка роста связана с увеличением уровня АБК. В естественной среде обитания вслед за периодом кислородной недостаточности обычно следует восстановление аэробных условий, и растения оказываются в условиях постаноксического окисления. При возвращении в условия нормальной аэрации после воздействия 12 ч аноксии запускалось снижение уровней фитогормонов (ИУК, СК) к дострессовому, уровню. У риса оно было более быстрым (6 ч постаноксии) и постаноксические варианты не отличались от контрольных по содержанию ИУК. У пшеницы уровень ИУК понижался значительно медленнее (к 24 ч постаноксии) и после действия стрессоров был ниже контрольных значений, особенно в побегах.

Обнаруженные различия в гормональных сдвигах у растений пшеницы и риса могут быть следствием их различной устойчивости к изучаемому стрессору. Поэтому нами было исследовано действие обработки экзогенными фитогормонами (АБК, ИУК, кинетин, гибберелловая и жасмоновая кислоты, СК, эпибрасинолид) на жизнеспособность растений в условиях аноксии и интенсивность окислительных процессов в условиях постаноксического воздействия. АБК, ИУК, салицилат и брасинолид оказывали положительное действие на устойчивость растений и приводили к снижению продукции активных форм кислорода и перекисного окисления липидов мембран, однако для пшеницы (неустойчивое растение) наиболее эффективными оказались АБК и салицилат, а для риса (устойчивое растение) – ИУК. Для кинетина и гибберелловой кислоты протекторное действие не было выявлено. Растения табака, трансформированные агробактериальными генами биосинтеза ИУК и имеющие повышенный уровень этого гормона, также повреждались в условиях кислородной недостаточности меньше, чем растения дикого типа.

Ключевые слова: аноксия; реаэрация; устойчивость; фитогормоны; рис; пшеница

PHYTOHORMONES AND PLANT ADAPTATION TO OXYGEN DEFICIENCY AND REOXYGENATION

Yemelyanov V.V.

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Keywords: anoxia; reoxygenation; tolerance; phytohormones; rice; wheat

© Емельянов В.В., 2024

СУСПЕНЗИОННАЯ КУЛЬТУРА КЛЕТОК БЕРЕСКЛЕТА МАКСИМОВИЧА: РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И БИОСИНТЕЗ АНТОЦИАНОВ

Еремеева Е.А.¹, Фоменков А.А.¹, Носов А.В.^{1*}

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

E-mail: alexv.nosov@mail.ru

Суспензионные культуры клеток растений могут служить экологически чистыми и возобновляемыми источниками биологически активных веществ (БАВ). В частности, культуры клеток и тканей некоторых видов растений способны синтезировать антоцианы – соединения, относящиеся к флавоноидам и обладающие противовоспалительной, антиоксидантной и ангиопротекторной активностью.

Важным аспектом здесь является расширение видового разнообразия культур клеток, в том числе получение штаммов, способных одновременно синтезировать БАВ различной химической природы. Это определило наш интерес к суспензионным культурам клеток *Euonymus maximowiczianus* Prokh. (бересклет Максимовича, БМ), полученным более десяти лет назад из тканей ариллуса незрелых плодов. Культуры клеток БМ способны синтезировать триацилглицерины, тритерпеноиды олеананового ряда, а также синтезировать и накапливать антоцианы. Синтез антоцианов наиболее ярко выражен при выращивании суспензии клеток на свету. Для оценки биотехнологических перспектив культуры клеток БМ, в данной работе мы исследовали её ростовые характеристики, а также накопление антоцианов в ростовом цикле.

Максимальное количество сухой биомассы накапливалось на 14 сутки и составляло 19 ± 1 г/л, при экономическом коэффициенте равном 0,56 (по сахарозе). Активный синтез антоцианов начинался после окончания экспоненциальной фазы роста культуры клеток, что согласуется с обсуждаемой в литературе гипотезой – «рост vs синтез вторичных метаболитов». Максимальное количество антоцианов ($0,73 \pm 0,1$ мг/г сухой массы) клетки накапливали на 28 сутки.

Для стимуляции синтеза антоцианов мы использовали добавление в среду фенилаланина и цитрата в различных концентрациях, а также холодовое воздействие (16°C). Добавление фенилаланина в концентрациях 0,2, 1 и 4 мМ приводило к дозозависимому увеличению накопления антоцианов в культуре клеток. При добавлении 4 мМ фенилаланина количество антоцианов в суспензии увеличивалось более чем в 4 раза. Эффект цитрата был выражен значительно слабее. Выращивание суспензии в течение 5 суток при пониженной температуре также приводило к увеличению концентрации антоцианов более чем в 4 раза.

Ключевые слова: Культуры клеток растений, бересклет, антоцианы, фенилаланин, пониженная температура

CELL SUSPENSION CULTURE OF *Euonymus maximowiczianus*: GROWTH CHARACTERISTICS AND ANTHOCYANIN BIOSYNTHESIS

Eremeeva E.A.¹, Fomenkov A.A.¹, Nosov A.V.^{1*}

¹Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: Plant cell cultures, *Euonymus*, anthocyanins, phenylalanine, low temperature

© Еремеева Е.А., Фоменков А.А., Носов А.В., 2024

ИЗМЕНЕНИЕ ЛИПИДНОГО КОМПОНЕНТА РАСТЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ КИНЕТИНА В УСЛОВИЯХ АЭРАЦИИ И ГИПОКСИЧЕСКОГО СТРЕССА

Ершова А.Н.¹, Стерлигова И.А.²

Воронежский государственный педагогический университет, Воронеж, Россия¹

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия²

E-mail: profershova@mail.ru

Липидом, как совокупность всех липидов растений, существенно изменяется при действии неблагоприятных факторов внешней среды, включая переувлажнение и заболачивание почв. Из полярных липидов наиболее чувствительны к дефициту кислорода оказались фосфолипиды. Для повышения устойчивости к стрессам сельскохозяйственные растения пытаются обрабатывать различными фитогормонами, включая цитокинины. Однако исследований, посвященных изучению влияния кинетина на метаболизм фосфолипидов крайне мало, а для условий дефицита кислорода они единичны. В связи с этим исследовали фосфолипиды проростков кукурузы после введения с транспирационным током раствор кинетина (10 мг л^{-1}) и перенесение в условия гипоксии (9 час). Было показано, что содержание суммарных фосфолипидов в проростках кукурузы в условиях гипоксии, которые анализировали методом тонкослойной хроматографии, существенно снижалось. Однако, если растения обрабатывали кинетином, содержание их оставалось на уровне аэрированного контроля. Во фракции фосфолипидов были идентифицированы фосфатидилсерин (ФС), фосфатидилхолестерин (ФХ), фосфатидилэтанолламин (ФЭА) и фосфатидилглицерин (ФГ). В условиях гипоксии содержание ФС и ФХ возрастало, а ФГ и ФЭА снижалось, что приводило к увеличению отношения ФХ/ФЭ. Предобработка кинетином уменьшала действие гипоксии на содержание всех анализируемых классов фосфолипидов. При анализе жирнокислотного состава фосфолипидов методом газожидкостной хроматографии было установлено, что под влиянием кинетина возрастало содержание основной ненасыщенной жирной кислоты фосфолипидов - линолевой. При гипоксии в фосфолипидах увеличивалось содержание насыщенных жирных кислот миристиновой и стеариновой, но снижалось содержание линолевой. Обработка кинетином препятствовало подобным изменениям в фосфолипидах и отношение ненасыщенные/насыщенные жирные кислоты возрастало. Это способствовало более рыхлой упаковке цепей жирных кислот фосфолипидов в мембранах, что сохраняло их пластичность, а следовательно, и нормальное функционирование. Можно заключить, что механизм защитного действия кинетина на растения реализуется за счет способности данного фитогормона поддерживать оптимальное, свойственное данному типу тканей содержание и соотношение отдельных классов фосфолипидов, а также их жирнокислотного состава в условиях различных стрессов, включая дефицит кислорода.

Ключевые слова: фосфолипиды; жирнокислотный состав; кинетин; гипоксия; кукуруза

LIPID COMPONENT MODIFICATION OF PLANTS AFFECTED BY KINETIN UNDER AERATION AND HYPOXIC STRESS

Ershova A.N.¹, Sterligova I.A.²

Voronezh State Pedagogical University, Voronezh, Russia¹

Voronezh State University, Voronezh, Russia²

Key words: phospholipids; fatty acid profile; kinetin; hypoxia; maize

© Ершова А.Н., Стерлигова И.А., 2024

УЧАСТИЕ АБК В ОТВЕТНОЙ РЕАКЦИИ МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА ПЕТУНИИ (*PETUNIA HYBRIDA* E. VILM.) НА ОБЛУЧЕНИЕ УФ-В *IN VITRO*

Захарова Е.В. *, Тимофеева Г.В.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии» (ФГБНУ ВНИИСБ) 127550, Россия, Москва, ул. Тимирязевская, 42

* zakharova_ekater@mail.ru

АБК называют стрессовым гормоном, так как ее концентрация сильно изменяется при резких колебаниях температуры, засолении, водном дефиците др. стрессовых условиях. Ранее нами были получены данные об участии АБК в осморегуляции прорастающего *in vitro* мужского гаметофита петунии (*Petunia hybrida* E. Vilm). Выявлены две потенциальные мишени действия АБК в пыльцевой трубке (ПТ). Они представлены (1) H^+ -АТФазой плазматической мембраны и (2) Ca -зависимыми K^+ -каналами, локализованными в той же мембране. Было установлено, что стимулирующее действие АБК на электрогенную активность H^+ -АТФазы опосредовано увеличением свободного уровня Ca^{2+} в цитозоле ПТ и генерацией активных форм кислорода.

В ряде случаев было показано, что УФ-облучение влияет на цикл обменных процессов в пыльцевом зерне (ПЗ) растений и на скрещиваемость растений. Основная задача нашего исследования заключалась в изучении действия УФ-В на прорастание ПЗ и рост ПТ петунии *in vitro* (на среде культивирования) и возможности снятия стрессового эффекта экзогенной АБК. Пыльцу облучали эритемными лампами ЛЭ-30 с интенсивностью УФ-В 5 Вт/м². Дозы УФ-В от 1,5 до 18 кДж/ м² регулировали продолжительностью облучения. Далее проводили культивирование пыльцы в течение 3 часов и подсчитывали процента прорастания ПЗ и длину ПТ. АБК добавляли в среду культивирования, конечная концентрация составляла 10 мкМ.

В ходе эксперимента было установлено, что обработка УФ-В влияла на прорастание пыльцы петунии лишь в том случае, если обработке подвергали ее монослой. В противном случае, очевидно, УФ достигал только тех ПЗ, которые находились на поверхности. УФ-обработка (5кДж) монослоя пыльцы петунии в течение 45 мин являлась критической дозой облучения (после которой пыльца не прорастала). Обработка АБК в концентрации 10 мкМ снимала губительное действие ультрафиолета на всех исследуемых дозах облучения, включая 45ти минутное облучение, при этом показатель процента прорастания ПЗ и длины ПТ были приближены к контрольному варианту, не подвергавшемуся облучению.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание № FGUM-2022-0003).

Ключевые слова: *Petunia hybrida* E. Vilm.; пыльцевое зерно; пыльцевая трубка; УФ-В; АБК

PARTICIPATION OF ABA IN THE RESPONSE OF THE MALE GAMETOPHYTE OF PETUNIA (*PETUNIA HYBRIDA* E. VILM.) TO UV-B IRRADIATION IN VITRO

Zakharova E.V., Timofeeva G.V.

All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology 42, Timiryazevskaya st., Moscow, Russia, 127434

Keywords: *Petunia hybrida* E. Vilm.; pollen grain; pollen tube; UV-B; ABA

© Захарова Е.В., Тимофеева Г.В., 2024

КОНСТИТУТИВНАЯ ЭКСПРЕССИЯ ГЕНА *TANAC69* В ВОЛОСОВИДНЫХ КОРНЯХ ТАБАКА

Ибрагимова З.А.*, Галимова А.А., Мусин Х.Г., Заикина Е.А., Кулуев Б.Р.

Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН

* i.zibragimova@yandex.ru

Пшеница мягкая (*Triticum aestivum* L.) – основная продовольственная и сельскохозяйственная культура мира. Урожайность пшеницы сильно падает при действии абиотических стрессов, одним из которых является засоление. Для противодействия этим стрессам у растений включаются многочисленные внутренние механизмы, регулируемые, в том числе факторами транскрипции. Транскрипционный фактор *TaNAC69* участвует в регуляции стрессоустойчивости и является представителем крупного семейства NAC. Нами была создана генно-инженерная конструкция с целевым геном *TaNAC69* под контролем 35S CaMV промотора. Была проведена проверка полученной генно-инженерной конструкции методами ПЦР и секвенирования. После этого методом электропорации были получены клетки *Agrobacterium rhizogenes* штамма А4, несущие рекомбинантную плазмиду. Провели трансформацию стерильных листовых дисков табака *Nicotiana tabacum* сорта Petit Havana линии SR-1. После прорастания волосовидных корней (ВК) на 2 см, они были изолированы от эксплантов и пересажены на среду Мурасиге-Скуга, содержащей цефотаксим (50 мг/мл) и селективный антибиотик гигромицин (25 мг/мл).

После отбора корней, растущих на среде с селективным антибиотиком, было проведено выделение ДНК при помощи ЦТАБ с последующим ПЦР-анализом на наличие целевого гена *TaNAC69*, гена устойчивости к гигромицину *HPT*, репортерного гена *GUS*. В результате было отобрано 6 линий трансгенных корней, которые получили номера 10, 17, 18, 20, 21 и 22. Далее в этих линиях корней было определено содержание транскриптов гена *TaNAC69* по отношению к содержанию транскриптов гена *EF-1α*. По содержанию транскриптов целевого гена линии волосовидных корней табака составили следующий ряд: Л17>Л18>Л22>Л21>Л20>Л10, в котором наибольший уровень экспрессии целевого гена был характерен для линии 17, а наименьший для линии 10. Далее у тех же линий корней измеряли сырую и сухую массы через 30 суток культивирования при норме и действии стрессового фактора. Наибольшая сырая и сухая масса при нормальных условиях и при засолении была характерна для линий 17, 21 и 22. Наименьшая сырая и сухая масса корней при норме обнаруживалась у линий 10 и 20. Сравнение результатов биохимического анализа разных линий показывает, что наибольшая активность гваяколпероксидазы и глутатион-S-трансферазы, а также наибольшее содержание пролина и водорастворимых сахаров при засолении было характерно для линий 17, 21 и 22. Наиболее высокая общая антиоксидантная способность также была характерна для линий 17, 21 и 22. Любопытно отметить, что хотя содержание малонового альдегида было больше у трансгенных ВК, чем у контрольных, наименьшее его содержание при засолении было характерно для линий 18, 21 и 22. Причем для линий 21 и 22 были характерны и другие позитивные изменения в состоянии антиоксидантной системы. Линия 18 также показывала высокие значения по результатам морфометрии и ряд позитивных изменений в антиоксидантной системе.

Ключевые слова: *Nicotiana tabacum*; *Agrobacterium rhizogenes*; волосовидные корни; стрессоустойчивость; транскрипционный фактор

CONSTITUTIVE EXPRESSION OF THE *TANAC69* GENE IN TOBACCO HAIRY ROOTS

Ibragimova Z.A., Galimova A.A., Musin Kh.G., Zaikina E.A., Kuluev B.R.

Institute of Biochemistry and Genetics UFRC RAS, Ufa

Key words: *Nicotiana tabacum*; *Agrobacterium rhizogenes*; hairy roots; stress resistance; transcription factor

© Ибрагимова З.А., Галимова А.А., Мусин Х.Г., Заикина Е.А., Кулуев Б.Р., 2024

АУКСИН В ЗРЕЛЫХ ВОЛОКНАХ ЛЬНА ПРИ ГРАВИОТВЕТЕ

Ибрагимова Н.Н.^{1*}, Иванов Р.С.², Мокшина Н.Е.¹

¹ Казанский институт биохимии и биофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра “Казанский научный центр Российской академии наук”, Казань, Россия

² Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Уфа, Россия

* e-mail: nibra@yandex.ru

Растительный гормон ауксин (ИУК) является важным регулятором роста и развития растений. Некоторые гормоны, включая ИУК, играют важную роль в реализации гравитропической реакции. Двигательные реакции растений, относящиеся к тропизмам, обычно исследуются на объектах, где задействованы механизмы роста растяжением. Однако целью данного исследования – изучение гравитоответа клеток (первичные флоэмные волокна), закончивших свой рост и формирующих утолщенную третичную клеточную стенку. Проведенная инвентаризация генов переносчиков ИУК в растениях *Linum usitatissimum* L. и оценка их экспрессии в таких волокнах при гравистимуляции позволили сделать предположение о прямом участии ИУК в исследуемой реакции зрелых волокон. В данной работе, используя твердофазный иммуноферментный анализ, проведена количественная оценка ИУК и абсцизовой кислоты (АБК) флоэмы верхней и нижней сторон стебля растений льна при гравистимуляции. Выявлено асимметричное содержание ИУК флоэмы разных сторонах стебля поднимающегося растения в результате уменьшения гормона в нижней стороне. Планируется исследование по нахождению ИУК непосредственно в таких волокнах. Обсуждается характер вовлеченности и возможная зависимость действия ИУК и АБК в двигательной реакции растений на уровне зрелых клеток.

Ключевые слова: *Linum usitatissimum* L.; гравитропизм; ауксин; волокно

AUXIN IN MATURE FLAX FIBERS AT GRAVITY RESPONSE

Ibragimova N.N.^{1*}, Ivanov R.S.², Mokshina N.E.¹

¹ Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, FRC Kazan Scientific Center of RAS

² Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences

Key words: *Linum usitatissimum* L.; gravitropism; auxin; fiber

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-24-00612.

© Ибрагимова Н.Н., Иванов Р.С., Мокшина Н.Е., 2024

ВЛИЯНИЕ ГУМАТОВ, БАКТЕРИЙ И ИХ СОЧЕТАНИЯ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ САЖЕНЦЕВ ДЕРЕВЬЕВ

Иванов Р.С.^{1*}, Тимергалин М.Д.¹, Назаров А.М.², Четвериков С.П.¹, Рязанова Н.А.³, Шигапов З.Х.³, Кудоярова Г.Р.¹

¹ Уфимский институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

² Уфимский государственный нефтяной технологический университет, Уфа, Россия

³ Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

* ivanovirs@mail.ru

Площади лесов, необходимых для поддержания нормальных климатических условий, постоянно уменьшаются. Одним из путей решения этой проблемы является получение качественных саженцев деревьев для древесных насаждений путем внедрения в технологию их выращивания современных физиологически активных препаратов на основе бактерий и гуминовых веществ. Целью данного исследования было изучение возможности использования гуминовых веществ в сочетании с ризосферными микроорганизмами *Pseudomonas protegens* DA1.2 и *Pseudomonas* sp. 4СН в качестве средства для стимуляции роста сеянцев сосны, тополя, липы крупнолистной, дуба красного, конского каштана и рябины. Гуминовые вещества стимулировали рост побегов и корней сеянцев сосны, липы крупнолистной и конского каштана. Эффект бактерий зависел как от вида растения, так и от вида бактерий: *Pseudomonas protegens* DA1.2 проявил более высокий стимулирующий эффект, чем *Pseudomonas* sp. 4СН на сосне и липе, а *Pseudomonas* sp. 4СН был более эффективен в случае каштана. Обнаружен аддитивный эффект гуматов и *Pseudomonas protegens* DA1.2 на скорость роста саженцев сосны и липы. Тот факт, что один штамм бактерий проявил рост-стимулирующий эффект на одних видах растений и оказывал иное влияние - на другие виды, свидетельствует о необходимости подбора необходимых бактерий для каждого вида древесных растений, чтобы оказывать соответствующую рост-стимулирующую активность. К настоящему времени накоплены сведения о рост-стимулирующем эффекте огромного количества ризосферных бактерий, среди которых обнаружены бактерии, способные в сочетании с гуматами стимулировать рост древесных растений, что может привести к улучшению качества посадочного материала деревьев для лесовосстановления и повышению секвестрации углерода. Полученные нами результаты свидетельствуют о перспективности исследований в этом направлении.

Ключевые слова: ускорение роста саженцев; гуминовые вещества; ризосферные микроорганизмы

INFLUENCE OF HUMATES, BACTERIA AND THEIR COMBINATION ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF TREE SEEDLINGS

Ivanov R.S.^{1*}, Timergalin M.D.¹, Nazarov A.M.², Chetverikov S.P.¹, Ryazanova N.A.³, Shigapov Z.H.³, Kudoyarova G.R.¹

¹ Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Prospekt Oktyabrya 69, 450054 Ufa, Russia;

² Department of Environment and Rational Use of Natural Resources, Faculty of Business Ecosystem and Creative Technologies, Ufa State Petroleum Technological University, ul. Kosmonavtov 1, 450064 Ufa, Russia

³ South Ural Botanical Garden-Institute, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, 450080 Ufa, Russia

Key words: acceleration of seedling growth; humic substances; rhizosphere microorganisms

© Иванов Р.С., Тимергалин М.Д., Назаров А.М., Четвериков С.П., Рязанова Н.А., Шигапов З.Х., Кудоярова Г.Р., 2024

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ СВИНЦА НА СТЕРИНЫ ТОНОПЛАСТА

Капустина И.С. ^{a*}, Спиридонова Е.В. ^a, Озолина Н.В. ^a, Гурина В.В. ^a

^a Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

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

*e-mail: nirinka24@mail.ru

Исследовано влияние токсических концентраций ионов свинца (1 мМ и 2 мМ) на состав стерина вакуолярной мембраны корнеплодов столовой свеклы (*Beta vulgaris L.*). Выделение вакуолярных мембран (тонопласта) проводили модифицированным макрообъемным методом, разработанным в лаборатории физиологии растительной клетки СИФИБР СО РАН. К тонопласту приливали водный раствор $Pb(NO_3)_2$ в качестве источника Pb^{2+} (1 мМ и 2 мМ) и инкубировали в течение 30 мин при комнатной температуре. В контрольном варианте тонопласт инкубировали в бидистиллированной воде. Компоненты стериновых фракций определяли с помощью одномерной тонкослойной хроматографии (ТСХ). С пластины снимали сорбент, содержащий фракцию свободных стерина (СС) и фракцию эфиров стерина (ЭС) и экстрагировали хлороформом. Для получения летучих производных, стерина и эфиров стерина, их подвергали силилированию. Полученные триметилсилильные производные стерина анализировали методом газожидкостной хроматографии с использованием хромато-масс-спектрометра. Анализ фракций СС и ЭФ показал, что в контроле и в условиях стресса присутствуют группы соединений относящихся к изопреноидам с циклопентанопергидрофенантеном в качестве остова. Известно, что по химической структуре стерина относятся к данной группе соединений. В СС и ЭС были обнаружены соединения без двойной связи и соединения с различными двойными связями в структуре колец циклопентанопергидрофенантена, а также группа Δ^7 - и Δ^5 -стерина. В контроле и при действии 1 мМ Pb^{2+} в СС выявлена группа Δ^7 -стерина (6-3%), которая отсутствует в ЭС и при действии 2 мМ Pb^{2+} как в СС, так и в ЭС. В СС во всех исследуемых вариантах равный вклад в общее количество вносят соединения без двойной связи (43-62%) и группа Δ^5 -стерина (34-48%). Отмечено, что в ЭС как в контроле, так и при стрессе преобладают соединения без двойной связи (35-60%). Интересно, что в ЭС соединения с различными двойными связями в контроле составляет 32%, в то время как, при действии Pb^{2+} снижается до 9% в обоих вариантах. В настоящее время внимание исследователей в основном уделяется группе Δ^5 -стерина. В данном исследовании выявлено, что содержание Δ^5 -стерина не превышает 48% от суммы всей фракции. Следует отметить, что в составе стерина обнаружены тритерпены, которые как известно, могут влиять на проницаемость липидного бислоя.

Ключевые слова: *Beta vulgaris L.*; тонопласт; ионы свинца; стерина

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-26-00208, <https://rscf.ru/project/23-26-00208/> на оборудовании ЦКП “Биоаналитика” Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН (г. Иркутск).

EFFECT OF LEAD IONS ON TONOPLAST STEROLS

Kapustina I.S.^{a*}, Spiridonova E.V. ^a, Ozolina N.V. ^a, Gurina V.V. ^a

^a Federal state budgetary institution of science Siberian institute of plant physiology and biochemistry, Siberian branch of the Russian academy of sciences, Irkutsk, Russia

*e-mail: nirinka24@mail.ru

Keywords: *Beta vulgaris L.*; tonoplast; lead ions; sterols

© Капустина И.С., Спиридонова Е.В., Озолина Н.В., Гурина В.В., 2024

ОРГАНИЗАЦИЯ ТУБУЛИНОВОГО ЦИТОСКЕЛЕТА В КЛЕТКАХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ КЛУБЕНЬКОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕМ. БОБОВЫЕ

Китаева А.Б.*, Кусакин П.Г., Цыганов В.Е.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии Российской академии наук, 196608, ш. Подбельского, 3, г. Пушкин 8, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: akitaeva@arriam.ru

Бобовые растения формируют два типа симбиотических клубеньков: недетерминированные (у которых меристема функционирует продолжительное время, в результате чего они приобретают вытянутую форму) и детерминированные (меристема которых функционирует в течение короткого периода, для них характерна округлая форма). В дифференцировке клеток клубеньков обоих типов важную роль играет тубулиновый цитоскелет. В растительной клетке тубулиновый цитоскелет представлен кортикальными и эндоплазматическими микротрубочками. Кортикальные микротрубочки, располагающиеся под плазматической мембраной, определяют направление роста клетки. Эндоплазматические микротрубочки вовлечены в процесс митоза, а также движение органелл.

В ходе проведенных исследований была изучена организация тубулинового цитоскелета в клетках клубеньков детерминированного типа у 8 видов сем. Бобовые: *Glycine max*, *G. soja*, *Phaseolus vulgaris*, *Lotus japonicas*, *L. corniculatus*, *Vigna unguiculata*, *V. radiata* и *Arachis hypogaea*.

В клетках меристемы и молодых инфицированных клетках клубеньков всех проанализированных видов кортикальные микротрубочки образовывали нерегулярный паттерн (микротрубочки располагались под различными углами), в то время как в азотфиксирующих клетках всех видов был выявлен регулярный паттерн (микротрубочки располагались перпендикулярно продольной оси клетки и параллельно друг другу), за исключением клеток клубеньков *A. hypogaea*, где наблюдался нерегулярный паттерн. При анализе организации кортикальных микротрубочек в неинфицированных клетках клубеньков были выявлены видоспецифические различия. Так, в неинфицированных клетках в клубеньках *G. max* и *G. soja* кортикальные микротрубочки формировали нерегулярный паттерн, в то время как для всех остальных видов был характерен регулярный.

В клетках клубеньков всех изученных видов эндоплазматические микротрубочки участвовали в процессе митоза, росте инфекционных нитей и поддержании инфекционных капель. В азотфиксирующих клетках эндоплазматические микротрубочки располагались между симбиосом, формируя сеть различной плотности в зависимости от вида бобового растения.

Ключевые слова: бобово-ризобийный симбиоз, симбиотический клубень, микротрубочки, бактероид, симбиосома

Исследование выполнено при поддержке РФФ 24-16-00156

ORGANIZATION OF TUBULIN CYTOSKELETON IN CELLS OF DETERMINATE NODULES OF SOME SPECIES OF FABACEAE FAMILY

Kitaeva A. B.*, Kusaikin P. G., Tsyganov V. E.

All-Russia Research Institute for Agricultural Microbiology, 196608, Podbelsky Chaussee 3, Pushkin 8 Saint Petersburg, Russia

Keywords: legume–rhizobial symbiosis; symbiotic nodules; microtubules; bacteroid; symbiosome

© Китаева А.Б., Кусакин П.Г., Цыганов В.Е., 2024

ЭФФЕКТИВНОЕ СОХРАНЕНИЕ КОЛЛЕКЦИИ *IN VITRO* ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ *BETA VULGARIS L.*

Колесникова Е.О. *, Донских Е.И., Бердников Р.В.

Селекционно-генетический центр ООО «СоюзСемСвекла, пос. ВНИИСС, Рамонский район, Воронежская область, Россия

*E-mail: kolesnikovaeo@souzsemsvekla.ru

Основной сахароносной культурой, возделываемой в России, является сахарная свекла (*Beta vulgaris L.*), валовый сбор урожая которой в 2023 году превысил уровень предыдущего года на 8,6% и составил 53,1 млн тонн. Селекционная работа по увеличению содержания ценных веществ продолжается с середины XVIII века, с момента обнаружения в корнеплодах *Beta vulgaris L.* сахарозы. На сегодняшний день ее содержание в некоторых гибридах может превышать 20%. Такие результаты были получены благодаря достижениям не только селекции, но и биотехнологии.

Культивирование растений *in vitro* является важным направлением биотехнологических работ. Данный подход используется в отделе биотехнологии ООО «СоюзСемСвекла» для сохранения ценных генотипов, увеличения количества и качества производимого растительного материала. Для создания коллекции *Beta vulgaris L.* на первом этапе отбирали верхние части цветоносных побегов ценных генотипов в естественных условиях среды. Затем проводили многоступенчатую поверхностную стерилизацию эксплантов, которая необходима для исключения бактериальной и грибковой инфекции (патент 2 796 463(13) С1). Доля стерильных эксплантов составила 80%. После стерилизации растительные экспланты вводили в культуру *in vitro*. Для этих целей производили подбор оптимального состава питательных сред и физических условий для активной регенерации, роста микроклонов и дальнейшего размножения. На втором этапе при культивировании растений в коллекции *in vitro* был достигнут высокий коэффициент размножения (К=6). В целях оптимизации работ и снижения затрат были разработаны параметры депонирования *Beta vulgaris*, позволяющие снижать скорость метаболизма микроклонов и тормозить ростовые процессы. Контроль факторов, таких как температура, освещенность, влажность, состав питательных сред, способствовал увеличению периода беспересадочного культивирования с трех до двадцати четырех недель. Также были выявлены параметры *in vitro* для регенерантов при возвращении в оптимальные условия с полным восстановлением жизнедеятельности. В производственном цикле также отработан этап выращивания растений-регенерантов в условиях закрытого грунта в целях получения корнеплодов. Для этого *in vitro* осуществляется стимуляция ризогенеза, при этом происходит образование корневой системы не менее чем у 80% микроклонов. Затем на третьем этапе укорененные растения высаживаются, адаптируются к условиям закрытого грунта (доля адаптированных растений - 100%) и выращиваются до образования корнеплодов, используемых в последующих селекционных работах.

Выявление оптимальных условий для микроклонирования и длительного культивирования коллекции *Beta vulgaris L.* позволяет в настоящее время сохранять ценные генотипы *in vitro* при снижении затрат, а также при необходимости включать ценные линии в селекционный процесс.

Ключевые слова: сахарная свекла; микроклонирование; депонирование; условия

EFFECTIVE PRESERVATION OF *IN VITRO* COLLECTION OF VALUABLE GENOTYPES *BETA VULGARIS L.*

E.O. Kolesnikova, E.I. Donskikh, R.V. Berdnikov

Breeding and Genetic Center “UnionSeedsBeet”, Ltd., VNIISS, Ramonsky district, Voronezh region, Russia

Key words: sugar beet; microcloning; deposit; conditions

© Колесникова Е.О., Донских Е.И., Бердников Р.В., 2024

ВЛИЯНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ПРОЦЕССЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ C₃- И C₄-РАСТЕНИЙ

Косогова Т.М.

Луганский государственный педагогический университет, Луганск, Россия

E-mail: inbotanlit87@list.ru

Еще в 1900 году Паладин отмечал: "... самым важным элементом, обуславливающим ту или иную форму растений, является свет". Большое значение для роста и развития растений имеет количество и качество света. Известно, физиологическим процессам (в том числе и фотосинтезу) присуща периодичность, которая обусловлена как особенностями самих процессов, так и факторами внешней среды. В XIX в. Волковым установлена неравнозначность энергии лучей с разной длиной волны по отношению к различным фотохимическим реакциям. Позже эти вопросы нашли объяснение благодаря квантовой теории света. Исследованиями Н. Воскресенской доказано, для зеленого растения свет играет важную роль – субстратную, а из-за его поглощения хлорофиллом и возбуждения реакций фотосинтеза – регуляторную, связанную с поглощением света другими фоторецепторами. *Цель работы* – в модельных опытах выяснить влияние экологических факторов (света различной интенсивности и спектрального состава) на активность *RUBISCO* в проростках C₃- и C₄-растений. Объектом исследования были проростки C₃-растений – ячмень (*Hordeum sativum L.*), тритикале (*Triticale trispecies L.*) и C₄-растение – кукуруза (*Zea mays L.*). Проростки выращивали в световой установке (Галюта В.Н., Щьюрков В.Е.). *Карбоксилазную активность *RUBISCO* определяли радиометрическим методом при 30°C по скорости включения ¹⁴CO₂ из NaH¹⁴CO₃ в кислотоустойчивые продукты реакции при наличии рибулозо-1,5-бисфосфата. Карбоксилазную активность выражали в микромолях ¹⁴CO₂, фиксированного в течение 1 мин 1 мг белка (ЕД/мг белка). Показано, при повышении освещенности с 0,12 Вт/м² до 0,4 Вт/м² содержание суммарного растворимого белка (включая *RUBISCO*) в листьях проростков кукурузы и тритикале достоверно не увеличивается. Следует отметить, что проростки кукурузы содержат больше растворимого белка по сравнению с ячменем (C₃-растение). Активность *RUBISCO* (ЕД/мг суммарного растворимого белка) у проростков ячменя при повышении освещенности до 0,4 Вт/м² уменьшается на 11,0%, а у кукурузы и тритикале – достоверно не изменяется. При большем содержании растворимого белка в листьях проростков кукурузы в обоих вариантах освещенности активность *RUBISCO* (ЕД / мг суммарного растворимого белка) почти вдвое меньше C₃-растений хотя в пересчете на ЕД/мг *RUBISCO* этот показатель достоверно увеличивается в обоих вариантах по сравнению с ячменем и тритикале. Активность *RUBISCO* (ЕД / мг *RUBISCO*) на красном свете у проростков *Hordeum sativum L.* увеличивается на 11,7% по сравнению с полихроматическим светом и на синем – на 7,0%.

Работа выполнена в лаборатории автотрофной ассимиляции углерода Института биохимии им. А.Н. Баха РАН (Русинова Н.Г.).

Ключевые слова: освещенность; проростки; C₃-растения; C₄-растения; *RUBISCO*

THE INFLUENCE OF ILLUMINATION ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF C₃- AND C₄-PLANTS

Kosogova T.M.

Lugansk State Pedagogical University, Lugansk, Russian Federation

Key words: illumination; seedlings; C₃-plants; C₄-plants; *RUBISCO*

© Косогова Т.М., 2024

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА КАРБОКСИЛАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ *RUBISCO* И СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ ПРОРОСТКОВ *HORDEUM SATIVUM L.*

Косогова Т.М.¹, Русинова Н.Г.²

¹Луганский государственный педагогический университет, Луганск, Россия

²Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, Москва, Россия

E-mail: inbotanlit87@list.ru

Изучено влияние красного и синего света низкой интенсивности на карбоксилазную активность *RUBISCO* (рибулозо-1,5-бисфосфаткарбоксилазы(оксигеназы) (КФ 4.1.1.39), содержание растворимых белков и *RUBISCO* в 10-дневных проростках *Hordeum sativum L.*, выращенных из зерновок, обработанных 6-бензиламинопурином (6-БАП) и гибберелловой кислотой (ГК₃). Интенсивность красного и синего света соответственно составляла 0,12 и 0,18 Вт/м². Свет разного спектрального состава выравняли по количеству падающих квантов (Опачко И.И.). С целью выделения *RUBISCO* 1 г листьев измельчали с 5 мл 50 мМ трис-НСl-буфера (рН 8,0), который содержал 10 мМ MgCl₂, 5 мМ дитиотреитола и 1 мМ ЭДТА (при t = 2–4 °С). Гомогенат фильтровали и центрифугировали при 23000 g в течение 40 минут. В супернатанте определяли содержание растворимого белка (методом Лоури и др. после осаждения 5%-м раствором трихлоруксусной кислоты), а также – карбоксилазную активность *RUBISCO* (радиометрическим методом при 30 °С по скорости включения NaH¹⁴CO₃ в кислотоустойчивые продукты реакции при наличии рибулозо-1,5-бисфосфата). Содержание *RUBISCO* в экстрактах из листьев проростков определяли по методу Дина и Лича после электрофоретического выделения фермента. Диск-электрофорез проводили по методу Дэвиса. Исследования показали, содержание суммарного растворимого белка в проростках *Hordeum sativum L.*, выращенных из зерновок, обработанных 6-БАП и ГК, на красном и синем свету выше по сравнению с контролем. Исключение составляет вариант с использованием ГК при выращивании проростков *Hordeum sativum L.* на «белом» (полихроматическом свете). 6-БАП и ГК в варианте с синим светом способствуют максимальному повышению содержания суммарного белка (в 2,35 и 1,7 раза соответственно). Содержание и активность *RUBISCO* проростков *Hordeum sativum* повышается при их выращивании на свету разного спектрального состава низкой интенсивности из зерновок, обработанных БАП и ГК. Исключение составляет вариант с ГК при выращивании проростков на «белом» свету (активность *RUBISCO* равен контрольному варианту). Таким образом, энергетические процессы в клетках контролируются синим светом через метаболические реакции при участии рецепторных субстратов, ферментов и др.

Ключевые слова: *RUBISCO*, растворимые белки, красный свет, синий свет, 6-бензиламинопурин, гиббереллиновая кислота (ГК)

THE EFFECT OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF LIGHT ON THE CARBOXYLASE ACTIVITY OF *RUBISCO*, THE CONTENT OF SOLUBLE PROTEINS OF SEEDLINGS OF *HORDEUM SATIVUM L.*

Kosogova T.M.¹, Rusinova N.G.²

¹Lugansk State Pedagogical University, Lugansk, Russian Federation

²A.N. Bach Institute of Biochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: *RUBISCO*, soluble proteins, red light, blue light, 6-benzylaminopurine, gibberellic acid (GA)

© Косогова Т.М., Русинова Н.Г., 2024

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ НА ПРОРОСТКИ ПШЕНИЦЫ

Криворучко А.А.¹, Рогов Д.А.¹, Астанкова А.С.^{1,2}, Бурыгин Г.Л.^{1,2}

¹Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

²Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ «Саратовский научный центр РАН», Саратов, Россия
sasha.ffcfgh@gmail.com

Ризосферные бактерии в современной агроботехнологии являются эффективной альтернативой применению химических удобрений. Однако, для обоснованного использования ризобактерий необходимо понимание молекулярных механизмов их положительного влияния на растения. Ключевыми компонентами поверхности грамотрицательных бактерий, играющими важную роль во взаимодействии микроорганизмов с объектами окружающей средой, включая растения, являются липополисахариды (ЛПС). Структура этих молекул очень разнообразна и может обеспечивать специфичность растительно-микробного взаимодействия. Целью данной работы стало изучение влияния препаратов ЛПС шести ризосферных штаммов различных таксономических групп на проростки двух сортов мягкой и твердой пшеницы.

В работе были использованы проростки твердой пшеницы (*Triticum turgidum* subsp. *durum*) сорта Николаша и мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Саратовская 29. В качестве действующих веществ использовали растворы (10 мкг/мл) препаратов ЛПС выделенных из штаммов *Ochrobactrum quorumnocens* T1Kr02, *Pseudomonas chlororaphis* K3, *Lysobacter gummosus* GmNf6s, *Azospirillum baldaniorum* Sp245, *Azospirillum brasilense* Sp7 и SR80. Поверхностно стерилизованные семена проращивали на автоклавированной воде. Для трех суточных проростках воду заменяли раствором ЛПС и продолжали выращивание ещё в течение недели. Первые 6 суток проростки находились в темноте, затем выращивание проводилось при освещении 18/6 (день/ночь). У 10-ти дневных проростков проводилось измерение длины coleoptilya, побега и корней.

Все препараты ЛПС оказали достоверное положительное влияние на длину побега (от 11% до 19%) у сорта Николаша. При этом длина coleoptilya увеличивалась только при действии ЛПС штаммов Sp7 (+6,6%), T1Kr02 (+7,8%) и SR80 (+4,6%), а длина корней при действии ЛПС штаммов Sp7 (+31,8%), T1Kr02 (+28,4%) и GmNf6s (+35,7%). В отношении проростков мягкой пшеницы увеличение длины побега было выявлено для ЛПС штаммов K3 (+16,7%), T1Kr02(+10%) и SR80(+11,5%). Coleoptilya увеличивался при действии ЛПС штаммов K3 (+6,5%), Sp7 (+2,9%), а длина корней повышалась при действии ЛПС штаммов K3 (+18,4%) и SR80 (+27,1%). Таким образом, выявлено более активное действие ЛПС ризосферных штаммов на твердую пшеницу сорта Николаша, чем на мягкую пшеницу сорта Саратовская 29, при этом наиболее активным препаратом в отношении твердой пшеницы был ЛПС штамма *Azospirillum brasilense* Sp7, а в отношении мягкой пшеницы ЛПС штамма *Pseudomonas chlororaphis* K3.

Ключевые слова: ризосферные бактерии, липополисахарид, твердая пшеница, мягкая пшеница

EFFECT OF BACTERIAL LIPOPOLYSACCHARIDES ON WHEAT SEEDLINGS

Krivoruchko A.A.¹, Rogov D.A.¹, Astankova A.S.^{1,2}, Burygin G.L.^{1,2}

¹Saratov State University, Saratov, Russia

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

Keywords: rhizospheric bacteria, lipopolysaccharide, durum wheat, common wheat

© Криворучко А.А., Рогов Д.А., Астанкова А.С., Бурыгин Г.Л., 2024

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД СЕЛЕКТИВНОЙ ЭМБРИОКУЛЬТУРЫ *IN VITRO* В УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ (НА ПРИМЕРЕ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ)

Круглова Н.Н.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия
kruglova@anrb.ru

Метод эмбриокультуры *in vitro* как культивирование разновозрастных зародышей – биотехнологический приём, применяемый с различными целями. Одна из перспективных целей – ускорение создания стрессоустойчивых селекционных образцов, поскольку данный метод позволяет выявлять такие образцы на самом раннем этапе их онтогенеза в селективных модельных условиях имитации действия стрессового фактора. В докладе приводятся результаты исследований, посвященных разработке ускоренной оценки засухоустойчивости новых гибридных комбинаций 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 сформированные 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 новых гибридных комбинаций пшеницы, выявленная ранее в полевых условиях. В то же время 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 ускорении первичной оценки 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

Key words: selective biotechnology; embryo culture *in vitro*; drought resistance

© Круглова Н.Н., 2024

ВЛИЯНИЕ АГРОНОМИЧЕСКИ ПЕРСПЕКТИВНОГО ШТАММА *RHODOPSEUDOMONAS PALUSTRIS* В-14279 НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ К ЗАСУХЕ И ОСМОТИЧЕСКОМУ СТРЕССУ

Крыжко А.В. ^{1*}, Ржевская В.С. ², Омельченко А.В. ², Жижина М.Н. ²

¹ ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Республика Крым, Россия

² Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия

* nk_lib@mail

Одной из важнейших проблем современного аграрного производства является разработка микробных технологий повышения устойчивости растений к осмотическому стрессу. В связи с этим перспективным оказывается поиск новых видов и родов микроорганизмов, способных повышать адаптивный потенциал сельскохозяйственных культур к засухе и осмотическому стрессу.

Из образцов осадка Сакского озера выделен изолят пурпурных несерных бактерий. Согласно последовательности 16s РНК установлено, что таксономически штамм относится к виду *Rhodopseudomonas palustris*. Данный штамм был депонирован в ВКПМ под номером В-14279. Наличие у штамма *R. palustris* В-14279 способности продуцировать индолилуксусную кислоту в количестве 674,5+-82 мкг/л может объяснять повышенное количество хлорофиллов (a+b) в среднем 19,16 мг/г сырой массы по сравнению с необработанным вариантом, где содержание зеленых пигментов в листьях огурца сорта Феникс не превышало 16,02 мг/г сырой массы. В контроле, не подвергнувшись засухе, значение изученного показателя составило в среднем 20,15 мг/г сырой массы. Установлено, что обработка штаммом *R. palustris* В-14279 не способствовала активному накоплению пролина, как одного из основных осмолитов, способных предотвращать инактивацию белков клеточных мембран в условиях засухи. Содержание пролина в листьях огурца сорта Феникс, обработанных культурой *R. palustris* В-14279 достигло 3,2 мг/г сухой массы, что на 14,2% превышало таковое в интактном контроле. Однако в условиях засухи в отсутствие обработки содержание данного осмолита в листьях составило 4,7 мг/г сухой массы, что на 67,8% превышает количество пролина в интактном контроле.

Показано, что обработка культурой *R. palustris* В-14279 способна повышать устойчивость растений пшеницы сорта Салют Алтая к засолению хлоридом натрия в концентрации 100 мМ. Внесение суспензии штамма *R. palustris* В-14279 в засоленную почву способствовала увеличению длины корня на 10% к интактному контролю и составила в среднем 12,1 см. В варианте с засоленной почвой хлоридом натрия без микробной суспензии наблюдали уменьшение длины корня на 30% к интактному контролю, и достигла в среднем 7,7 см.

Таким образом, штамм пурпурных несерных бактерий *R. palustris* В-14279 может быть перспективным для применения в сельском хозяйстве в качестве модулятора устойчивости растений к осмотическому стрессу и засухе.

Ключевые слова: *Rhodopseudomonas palustris*, осмотический стресс, засуха, огурец, пшеница

THE EFFECT OF THE AGRONOMICALLY PROMISING *RHODOPSEUDOMONAS PALUSTRIS* В-14279 STRAIN ON PLANT RESISTANCE TO DROUGHT AND OSMOTIC STRESS

Kryzhko A. V. ^{1*}, Rzhetskaya V. S. ², Omelchenko A.V. ², Zhizhina M.N. ²

¹ Federal State Budget Scientific Institution 'Research Institute of Agriculture of Crimea', Simferopol, Russian Federation

² V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation

Key words: *Rhodopseudomonas palustris*, osmotic stress, drought, cucumber, wheat

© Крыжко А.В., Ржевская В.С., Омельченко А.В., Жижина М.Н., 2024

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НЕФТЬЮ И ГЕРБИЦИДАМИ НА РАСТЕНИЯ-ФИТОРЕМЕДИАНТЫ

Кузина Е.В.*, Мухаматдьярова С.Р., Искужина М.Г., Кульбаева Л.А., Коршунова Т.Ю.
Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Россия, Республика Башкортостан, Уфа, Россия
*E-mail: lab.biotech@yandex.ru

Список фиторемедиантов, пригодных для восстановления почв, подвергшихся комплексному загрязнению, в том числе гербицидами, достаточно ограничен, что обуславливает необходимость поиска растений, толерантных к присутствию в почве данных ксенобиотиков.

В настоящей работе исследована способность растений овса посевного сорта Рысак и люпина белого сорта Дега к снижению токсичности почвы, искусственно загрязненной нефтью (20 г/кг почвы) и/или гербицидами. Дозы внесения гербицидов были увеличены в 2 раза по сравнению с рекомендациями производителя: Тапир (д.в. имазетапир) – 20.0 мкл/кг почвы, Спецназ 750 (д.в. трибенурон-метил) – 0.5 мг/кг почвы. Растения выращивали в течение трех недель при комнатной температуре в условиях светоплощадки.

Наибольшая длина корней у растений овса (на 22,4% больше, чем в контроле) отмечена в варианте, где почва была загрязнена только нефтью. У люпина в почве с нефтью наблюдалось незначительное снижение длины корней по сравнению с контролем (на 9,3%). В вариантах, где присутствовали гербициды или гербициды вместе с нефтью, корни обоих растений были значительно короче, чем в контроле. Наиболее токсичным для обоих видов растений оказался Тапир, установлено снижение длины корней на 42,4-71,9%.

Содержание малонового диальдегида (МДА), характеризующего уровень окислительного стресса у растений, в присутствии загрязнителей выросло, с Тапиром – более чем в 3 раза. В вариантах опыта, где почва была загрязнена гербицидами и нефтью одновременно, отмечено снижение уровня МДА в побегах обоих растений. Возможно, нефть выступила в качестве антидота, ингибирующего токсическое действие гербицидов.

Наличие в почве нефти подавляло накопление хлорофилла обоими растениями на 12–15%. При этом растения продемонстрировали различную реакцию на присутствие гербицидов: у люпина в варианте с Тапиром количество хлорофилла снизилось на 12%, негативного влияния на синтез данного пигмента у овса не выявлено.

Благодаря фиторемедиации токсичность почвы в условиях модельного опыта уменьшилась во всех вариантах опыта кроме образцов, загрязненных Тапиром. Лучшие результаты получены при выращивании растений овса и люпина на почве, загрязненной нефтью и нефтью со Спецназом.

Ключевые слова: овес, люпин, контаминация почвы, фиторемедиация, стрессоустойчивость растений

Работа выполнена за счет средств гранта Российского научного фонда № 23–24–00130, <https://rscf.ru/en/project/23–24–00130>.

SOME ASPECTS OF THE EFFECT OF COMPLEX SOIL POLLUTION BY OIL AND HERBICIDES ON PHYTOREMEDIANT PLANTS

Kuzina E.V.*, Mukhamatdyarova S.R., Iskuzhina M.G., Kulbaeva L.A., Korshunova T.Y.
Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia

Keywords: oats, lupin, soil contamination, phytoremediation, stress resistance of plants

© Кузина Е.В., Мухаматдьярова С.Р., Искужина М.Г., Кульбаева Л.А., Коршунова Т.Ю., 2024

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА ШТАММА *BACILLUS SUBTILIS* 3Н ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ОБЛАСТИ БИОКОНТРОЛЯ И СТИМУЛИРОВАНИЯ РОСТА РАСТЕНИЙ

Кузнецова М.В.^{1*}, Кузнецова Т.Н.¹, Фархутдинов Р.Г.²

¹ ООО «Научно-внедренческое предприятие «БашИнком», Уфа, Россия

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

*E-mail: feomela_lina@mail.ru

В ближайшие десятилетия, согласно прогнозам, продовольственная безопасность и загрязнение окружающей среды станут наиболее актуальными проблемами в растениеводстве. Численность населения Земли продолжает стремительно расти, и, по данным ООН, в 2050 г. превысит 9 миллиардов. В связи с этим будет продолжаться расти потребность в увеличении производства продуктов питания и обеспечении глобальной продовольственной безопасности. Однако различия между спросом и предложением продуктов питания приводят к дисбалансу, который значительно обострился за последние десятилетия. Одна из причин – потери урожая сельскохозяйственных культур как до, так и после сбора. Показано, что до 40% таких потерь вызывают фитопатогенные грибы.

Существующие стратегии решения данной проблемы во многом зависят от синтетических пестицидов. Однако эти химические вещества нередко обладают высокой стойкостью в окружающей среде, что приводит к их накоплению в почве, воде и продуктах питания, нанося ущерб экосистемам и здоровью человека. Более того, их применение может провоцировать развитие устойчивости фитопатогенов к пестицидам. В таких условиях, становится очевидным необходимость переосмыслить подход к сельскохозяйственному производству и перейти к более экологичным решениям. Одним из ключевых направлений является внедрение «зеленых технологий» на основе биопродуктов.

Перспективным в данном направлении является непатогенный для человека штамм эндофитной бактерии *B. subtilis* 3Н с известным клинически доказанным пробиотическим действием, клетки которого являются компонентом лекарственного биопрепарата, а метаболиты – биологически активной добавки к пище.

Ввиду широкого спектра антагонистической активности штамма в отношении не только инфекционных агентов, опасных для человека, но и в отношении фитопатогенных бактерий и грибов возможно его использование в качестве биопестицида в сельском хозяйстве. Использование штамма *B. subtilis* 3Н в лекарственном препарате и в пищевой добавке доказывает не только безопасность его применения, но и потенциальную полезность для человека, что является важным качеством в связи с его эндофитностью и возможностью накопления в строме растений.

Представленное исследование показало высокую противогрибковую и ростостимулирующую активности штамма *B. subtilis* 3Н в виде бактериальной суспензии и бесклеточной суспензии метаболитов как в условиях *in vitro*, так и в условиях *in vivo* на злаковых и бобовых культурах, что указывает на их потенциал в качестве микробного инокулянта и средства биоконтроля для борьбы с фитопатогенными грибами.

Ключевые слова: биопрепараты; эндофитность; *Bacillus subtilis* 3Н, фитопатогены

EVALUATION OF THE POTENTIAL OF THE STRAIN *BACILLUS SUBTILIS* 3H FOR USE IN THE FIELD OF BIOCONTROL AND PLANT GROWTH STIMULATION

Kuznetsova M.V.¹, Kuznetsova T.N.¹, Farkhutdinov R.G.²

¹ LLC «Scientific and innovative enterprise «BashInkom», Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Key words: biologicals, endophytic; *Bacillus subtilis* 3H, phytopathogens

© Кузнецова М.В., Кузнецова Т.Н., Фархутдинов Р.Г., 2024

ИЗУЧЕНИЕ ФИЛОГЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ЛИНИЙ *AEGILOPS MUTICA* И *AEGILOPS AUCHERI* С ПОМОЩЬЮ СЕКВЕНИРОВАНИЯ И АННОТИРОВАНИЯ ИХ ХЛОРОПЛАСТНЫХ ГЕНОМОВ

Кулуев А.Р.*, Матниязов Р.Т., Чемерис А.В.

ИБГ УФИЦ РАН, 450039, Уфа, Россия

* kuluev.azat91@yandex.ru

С начала зарождения генетики и по сей день ведется исследование филогенетических взаимоотношений между видами рода *Triticum* и *Aegilops*. Если в середине XX века преобладали биохимические и иммунохимические методы исследования филогении, то сейчас наступила так называемая эра исследования целых геномов с помощью высокопроизводительного секвенирования, в том числе секвенирования длинных (до 1 млн. п.н.) фрагментов ДНК. Одним из методов изучения филогенетических взаимоотношений, в особенности по материнской линии, является сравнение секвенированных полных хлоропластных геномов. Этот метод позволяет найти различия между близкородственными, а также редкими и спорными видами. Одними из таких спорных видов являются *Aegilops mutica* Voiss. и *Aegilops aucheri* Voiss. *Ae. mutica* в последнее время стал привлекать к себе большее внимание, поскольку было показано, что этот вид возможно участвовал при формировании эгилопсов разных секций, представители которых сыграли важную роль в возникновении полиплоидных пшениц, однако полный хлоропластный геном этого эгилопса пока не известен. Сейчас большинством систематиков этот вид признается как единственный представитель рода *Amblyopyrum* - *Amblyopyrum muticum* A.Love. *Ae. aucheri* в различных систематических классификациях считается либо подвидом, либо синонимичным названием *Ae. speltoides* Tausch. С учетом этой информации, целью данной работы было уточнение филогенетического положения *Ae. mutica* и *Ae. aucheri* по материнской линии. В рамках данного исследования были секвенированы и аннотированы полные хлоропластные геномы линий изучаемых эгилопсов различного географического происхождения. В первый год исследования были выявлены отличия в хлоропластных геномах *Ae. aucheri* различного географического происхождения (Ирак, Палестина, Израиль, Турция) и *Ae. speltoides*. Во второй год были дополнительно секвенированы хлоропластные геномы нескольких линий *Ae. aucheri* из других областей мира, что позволило получить больше информации по дифференциации этого эгилопса от *Ae. speltoides*. К тому же секвенирован полный хлоропластный геном *Ae. mutica* (*Am. muticum*) и получены новые данные, которые позволят прояснить и уточнить филогенетическое положение *Ae. mutica* и *Ae. aucheri*.

Ключевые слова: *Amblyopyrum muticum*; секвенирование; *Aegilops aucheri*; филогения; хлоропластный геном

STUDY OF THE PHYLOGENY OF DIFFERENT ACCESSIONS OF *AEGILOPS MUTICA* AND *AEGILOPS AUCHERI* BY SEQUENCING AND ANNOTATING THEIR CHLOROPLAST GENOMES

Kuluev A.R., Matniyazov R.T., Chemeris A.V.

IBG UFRC RAS, 450039, Ufa

Key words: *Amblyopyrum muticum*; sequencing; *Aegilops aucheri*; phylogeny; chloroplast genome

© Кулуев А.Р., Матниязов Р.Т., Чемерис А.В., 2024

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗОЛИРОВАННЫХ КУЛЬТУР ЗЕЛЕННЫХ КОРНЕЙ *TRITICUM AESTIVUM* L.

Кулуев Б.Р.^{1,2*}, Александрова В.М.², Гумерова Г.Р.¹, Мусин Х.Г.¹, Бережнева З.А.¹,
Галимова А.А.¹

¹ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

* kuluev@bk.ru

Для большинства растений характерны обычные подземные корни, но в экспериментальных условиях для некоторых из них удается получить хлорофилл-содержащие зеленые корни. В ходе серии исследований, посвященных индукции органогенеза мягкой пшеницы из каллусной ткани, нами были обнаружены несколько спонтанно индуцированных из каллуса зеленых корней мягкой пшеницы. Целью нашей работы стал морфометрический, микроскопический и биохимический анализ культур зеленых корней мягкой пшеницы. Материалом исследований служили 17 условных линий зеленых корней, полученных из трех изначальных образцов позеленевших корней мягкой пшеницы сорта Фишт. В качестве контроля использовали обычные корни мягкой пшеницы сорта Фишт, регенерировавшие из каллуса. При изоляции от каллуса зеленые корни были способны к неограниченному росту на безгормональных питательных средах, подобно культурам волосовидных корней двудольных растений. Обычные корни пшеницы при таких условиях не росли, тогда как зеленые корни продолжали свой рост даже при действии 100 мМ NaCl. В зеленых корнях пшеницы было обнаружено примерно равное количество хлорофиллов а и б, однако их общее содержание было в десятки раз меньше, чем в листьях. В паренхимных клетках зеленых корней пшеницы были обнаружены типичные хлоропласты. Поперечные срезы зеленых корней мягкой пшеницы были схожи со срезами природных зеленых корней водяного ореха, однако не имели четко ограниченной экзодермы. Культуры зеленых корней пшеницы характеризовались большим содержанием пролина и более высокой активностью супероксиддисмутазы, каталазы и пероксидазы, чем обычные культуры корней пшеницы как при норме, так и при засолении. Зеленые корни могут стать альтернативой волосовидным корням, которые очень трудно получить у злаковых и других однодольных с целью их использования как в фундаментальных исследованиях, так и в прикладных целях.

Ключевые слова: мягкая пшеница, фотосинтезирующие корни, фотосинтез, хлоропласты, антиоксидантная система

MORPHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ISOLATED GREEN ROOT CULTURES OF *TRITICUM AESTIVUM* L.

Kuluev B.R.^{1,2*}, Alexandrova V.M.², Gumerova G.R.¹, Musin Kh.G.¹, Berezhneva Z.A.¹,
Galimova A.A.¹

¹ Institute of Biochemistry and Genetics UFRC RAS, Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Keywords: bread wheat, photosynthetic roots, photosynthesis, chloroplasts, antioxidant system

© Кулуев Б.Р., Александрова В.М., Гумерова Г.Р.,
Мусин Х.Г., Бережнева З.А., Галимова А.А., 2024

ИЗМЕНЕНИЯ ГОРМОНАЛЬНОГО СОСТАВА У РАСТЕНИЙ БЕРЕЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭКСПРЕССИИ ГЛУТАМИНСИНТЕТАЗЫ И ВЛИЯНИЯ ЗАСУХИ И НЕДОСТАТКА АЗОТА

Лебедев В.Г.^{1*}, Коробова А.В.², Карунас А.С.¹, Селиванова Е.В.^{1,3}, Севостьянова А.О.², Шестибратов К.А.¹

¹ Филиал ГНЦ ФГБУН Института биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Пущино, Россия

² Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

³ Пущинский филиал ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет», Пущино, Россия

* vglebedev@mail.ru

Вода и азот являются основными факторами, ограничивающими рост растений. Влияние этих факторов на лесные породы деревьев интенсивно изучаются по отдельности, но работы по совместному воздействию засухи и дефицита азота почти отсутствуют. Цель исследования заключалась в оценке влияния различной обеспеченности водой и азотом на рост и содержание регуляторов роста в растениях березы. В эксперименте использовали генотип бп3ф1 березы пушистой (*Betula pubescens*), полученный на его основе трансгенный клон F14GS8b, содержащий ген цитозольной формы глутаминсинтетазы *GS1* из сосны и генотип бб4б березы повислой (*B. pendula*). Всего было 5 вариантов тепличного эксперимента: нормальный полив, умеренная и сильная засухи при обеспеченности азотом, дефицит азота при поливе и сочетание дефицита азота с умеренной засухой. Перед началом засухи, на 10-й день и после окончания 30-дневной засухи, а также через 10 дней после возобновления полива отбирали листья на анализ ИУК, АБК и цитокининов (зеатина и его рибозида). В конце эксперимента определяли сухую массу корней и различных фракций надземной биомассы (ствол, листья, силлептические ветви и листья). Эксперимент показал, что дефицит азота сильнее снижал биомассу растений, чем недостаток воды. Кроме того, недостаток азота увеличивал долю листьев в надземной биомассе за счет ослабления роста силлептических побегов, а также уменьшал соотношение надземная:подземная биомасса. У трансгенного клона березы содержание ИУК в листьях было выше, чем у нетрансформированных растений, это могло быть причиной того, что доля ствола в надземной биомассе F14GS8b существенно превышала этот показатель у нетрансгенных растений. При засухе содержание АБК в листьях возрастало и снижалось при возобновлении полива, тогда как для цитокининов наблюдалась противоположная картина. Полученные результаты улучшают наше понимание механизмов устойчивости к абиотическим стрессам у различных видов березы.

Работа была поддержана Российским научным фондом (грант № 22-64-00036).

Ключевые слова: береза; водный стресс; дефицит азота; распределение биомассы; регуляторы роста растений

INFLUENCE OF DROUGHT AND NITROGEN DEFICIENCY ON HORMONAL COMPOSITION IN BIRCH OVEREXPRESSING GLUTAMINE SYNTHETASE GENE

Lebedev V.G.^{1*}, Korobova A.V.², Karunas A.S.¹, Selivanova E.V.^{1,3}, Sevostyanova A.O.², Shestibratov K.A.¹

¹ Branch of the Shemyakin-Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry RAS, Pushchino, Russia

² Ufa Institute of Biology UFRC RAS, Ufa, Russia

³ Pushchino Branch of ROSBIOTECH, Pushchino, Russia

Keywords: biomass allocation; birch; nitrogen deficiency; plant growth regulators; water stress

© Лебедев В.Г., Коробова А.В., Карунас А.С., Селиванова Е.В., Севостьянова А.О., Шестибратов К.А., 2024

МОДИФИКАЦИЯ ЖИРНОКИСЛОТНОГО ПРОФИЛЯ МЯТЫ ПЕРЕЧНОЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК

Лоскутов С.И.^{1,2}, Пухальский Я.В.^{1,2*}, Городнова Л.А.², Никитичева Г.В.²

¹ ВНИИ пищевых добавок – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова, 191014, Россия, Санкт-Петербург, Литейный пр. 55

² ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина», 196605, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское ш., 10

* puhalskyan@gmail.com

Эфирные масла (ЭМ), содержащиеся в растениях мяты перечной (*Mentha piperita* L.) используются при изготовлении гигиенических средств по уходу за кожей и полостью рта. Важнейшими составляющими ЭМ являются жирные кислоты (ЖК) - класс липидов, проявляющий сигнальные свойства. Они составляют основу клеточных мембран, обеспечивают метаболическую энергию, влияют на функции мембраносвязанных ферментов/рецепторов, проводят сигнальные каскады. Структурно их делят на насыщенные (НЖК) и ненасыщенные (ННЖК). Наиболее полезными для организма являются ННЖК – линоленовая (С18:3), линолевая (С18:2), олеиновая кислоты (С18:1), которые не синтезируются в организме человека и поступают только с пищей.

Поскольку при укоренении черенков мяты используют удобрения, они влияют на липидный профиль культуры. При этом, если возможно, то использование минеральных удобрений лучше минимизировать, в пользу внесения органических удобрений. Среди последних еще мало внимания уделено зоогумусу – вторичному продукту, получаемому в результате жизнедеятельности насекомых черной львинки (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758), в процессе переработки ими отходов 3-4 класса опасности.

Таким образом целью работы являлась оценка изменения показателей фитомассы и жирнокислотного профиля мяты перечной, выращенной в условиях органической культуры с использованием экстрактов зоогумуса *H. illucens*.

Эксперимент проводили на базе тепличного корпуса НОЦ «Зимний сад» ЛГУ им. А.С. Пушкина (Санкт-Петербург - г. Пушкин) в течении 60 суток. Объектом для исследования послужили черенки мяты перечной образца Шоколадная (*Mentha x piperita* f. *citrata* 'Chocolate'), голландской селекции. Данный гибрид был выбран из позиции получения экологически чистого ЛРС в сооружениях закрытого грунта. Известно, что растения шоколадной мяты, обладают более высокой антиоксидантной активностью в отношении кислородных радикалов, чем обычная разновидность, а также превосходят другие сорта по противовоспалительному действию при инфекционных заболеваниях. Вытяжки из листьев значительно и быстро снижали инфекционность вирионов ВИЧ-1 в нецитотоксических концентрациях на первичных клеточных моделях *in vitro* и *ex vivo*. Бразильские исследователи установили, что среди растений рода *Mentha*, у мяты шоколадной зафиксировано наибольшее содержание выхода эфирного масла (0,53%). Черенки одинакового размера (5-7 см) по две штуки после среза промывали в дистиллированной воде и укореняли в течение двух месяцев в пятилитровых пластиковых горшках с дренажными отверстиями, набитых верховым сфагновым торфом марки Veltorf (Псковская обл., г. Великие Луки), нейтрализованной добавкой извести Н-1, без каких-либо добавок НРК.

Схема опыта включала следующие варианты: 1) Контроль (вода); 2) 0,2% добавка рабочего раствора зоогумуса; 3) 1,0% добавка рабочего раствора зоогумуса; 4) 2,0% добавка рабочего раствора зоогумуса. Органическую подкормку в субстрат вносили разово, путем сквозного пролива рабочим раствором. Излишки жидкости, вытекшие из дренажных отверстий, заливали обратно в сосуд до полного впитывания их субстратом. В дальнейшем полив растений на протяжении всего периода эксперимента производился под корень фильтрованной водой, как на контроле.

Оценку изменений в жирнокислотном профиле полученной фитомассе проводили с использованием метода газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС) на приборе 6890N (Agilent Technologies, США).

ГХ-МС анализ позволил детектировать в фитомассе 18 ЖК. В целом все проанализированные образцы характеризовались высоким процентом синтеза ННЖК (63,12-

68,83%) и низким процентом выхода НЖК (31,17–36,88%), полезных для здоровья человека (Рис. 1).

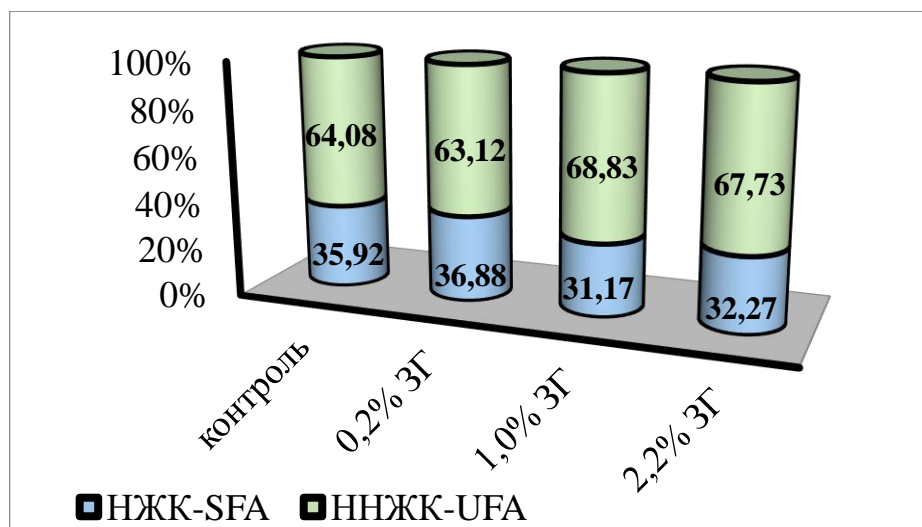


Рисунок 1. Изменения в соотношении профильного распределения НЖК и ННЖК в составе мяты перечной образца Шоколадная по вариантам опыта

Самые высокие показатели индекса ННЖК/НЖК и индекс иммунитета (ИИ) при внесении в субстрат возрастающих концентраций жидкого экстракта зоогуруса были отмечены при концентрации 1,0%. Эти значения можно интерпретировать улучшением качества диетического продукта на здоровье сердечно-сосудистой системы. Предполагается, что все ННЖК в рационе могут снижать уровень холестерина липопротеинов низкой плотности, тогда как все НЖК, напротив, способствуют его повышению. Таким образом, чем выше это соотношение, тем более выражен эффект. Индекс ИИ был предложен в 2004 году для оценки пищевой ценности продуктов.

Доминирующими компонентами среди последних оказались С18:3 (омега-ω3) и С18:2 (омега-ω6). Причем под влиянием добавки 1,0% зоогуруса доля накопления С18:2 немного уменьшилась с 32,0 до 30,0%; а доля С18:3 резко возросла, с 26,0% на контроле до 34,5.

Еще из особенностей можно отметить тот факт, что в сравнении с контрольными, растения, выращенные на субстрате с внесением зоогуруса, по соотношению величин высоты к массе побегов, получают более низкорослыми, но кустистыми.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (темы FGUS 2024-0010 и FGUS 2022-0018).

Ключевые слова: жирные кислоты, мята перечная, зоогурус

MODIFICATION OF THE FATTY ACID PROFILE OF PEPPERMINT UNDER THE INFLUENCE OF ORGANIC ADDITIVES

Loskutov S.I.^{1,2}, Puhalsky J.V.^{1,2*}, Gorodnova L.A.², Nikiticheva G.V.²

¹ All-Russian Research Institute of Food Additives - branch of the Federal Scientific Center for Food Systems named after. V.M. Gorbatoва, 191014, Russia, Saint Petersburg, Liteiny Ave. 55

² Leningrad State A.S. Pushkin University, 196605, Russia, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe sh., 10

Keywords: fatty acids, peppermint, zoohumus

© Лоскутов С.И., Пухальский Я.В., Городнова Л.А., Никитичева Г.В., 2024

МАССА РАСТИТЕЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА ПРИРОДНЫХ ТРАВСТОЕВ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Мартынова Л.В.

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Ленина 41, Россия

Для роста природных травостоев луговой степи надпойменной террасы повышение накопления веществ за счет типично луговостепных видов остролодочника шишковидного, мятлика кистевидного, включая овсяницу Ленскую, полынь замещающую и лен многолетний. Продуктивность 90 г/кв.м., подземная продукция составляет 341 г/ кв.м., в данной экосистеме природного травостоя надпойменной террасы масса корней 2,5 раз преобладает надземное растительное вещество. Часть мелкой мортмассы переходит в состав гумусовых веществ, остальная минерализуется. За период от заложения выщелачивание питательных веществ; теряют их с высокими темпами среднегодового прироста.

Стандарт коэффициента разложения растительного вещества степи от 1-1,5, в нашем примере соответствует коэффициент сгоревшего участка равен 1,4, (12,8/9,1). Таким образом, биологический круговорот особенно интенсивен там, где накопление мертвого растительного вещества почти не происходит. Химический анализ в образцах почвы показывает в данной почве N:P:K 50-70:90:150. Органические вещества в пахотном слое почвы от 26000 до 43000 кг/га, за счет накопления растительного веществ доступные органические вещества повысилась 1,1 и 1,5 раз. Увлажнение участка луговой степи в основной период роста трав засушливые, прирост приходится на влажный весенне-летний и осенний период. По разногодичной такие растения как ветреница лесная, формируют структуру степи за счет ранней вегетации и осенью (листья) занимают свободные места.

Таблица 1. Содержание органического вещества, г/кв.м.

Показатели, г/кв.м.	Наземное растительное вещество			Морт масса D+L	Разложение L/ D	Общий запас		Общий запас G+D+L+R	D+L/G	R/ G+D+L
	Фитомасса G	Ветошь D	Подстилка L			Наземная G+D+L	Подземный R			
Масса	90,3	12,2	31,4	43,6	2,3	133,9	340,8	474,7	0,5	2,5

Литература

Титлянова А.А. Изучение биологического круговорота в биогеоценозе: Методическое руководство. Новосибирск, 1971. 29 с.

Трофимова Л.С. Агроландшафтно-экологическое районирование Юга Центрального Федерального округа // Адаптивное кормопроизводство. 2016, №2. С. 62-70.

Мартынова Л.В. Развитие плодородия почв луговых угодий надпойменной террасы реки Лена // Биоразнообразие экосистем Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана. Сборник докладов IV Всероссийской научной конференции. Сыктывкар, 2023. С. 499-503.

Ключевые слова: накопление массы, долголетние травостои, почвенное плодородие

THE PLANT MATTER MASS OF TERRACE ABOVE THE FLOOD-PLAN GRASS STAND OF THE CENTRAL YAKUTIA

L.V. Martynova

Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the Siberian Branch of the RAS,

Key-words: mass accumulation, permanent grass stand, soil fertility

© Мартынова Л.В., 2024

ИБУПРОФЕН В СТИМУЛЯЦИИ РОСТА И УСТОЙЧИВОСТИ ПШЕНИЦЫ

Масленникова Д.Р.^{1,2*}, Карпучин А.А.², Давлетшина Л.С.², Заманова Р.Ф.²

¹ ФГБНУ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

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

* dishaoil@mail.ru

Ибупрофен относится к нестероидным противовоспалительным препаратам (НПВП) широко применяемых в лечение различных заболеваний человека и животных, кроме того, в 2017 г его стали относить к органическим микрозагрязнителям окружающей среды. Несмотря на это, в литературе в последнее время стали появляться данные об использовании ибупрофена в качестве регулятора роста и устойчивости растений, который оказывает эти эффекты в концентрациях сопоставимых с действием фитогормонов. В нашей работе мы провели подбор концентрации ибупрофена, который эффективно стимулировал рост пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Экада 113. Для этого, применяли такие подходы как проращивание семян на растворах 50мкМ, 100 мкМ, 200 мкМ, 400 мкМ ибупрофена и выдерживание семян в них в течение 1ч, ростовые параметры оценивали на 3 сутки онтогенеза. Было обнаружено, что 50 и 100мкМ ибупрофена на 12-15% повышали, 200 мкМ и 400 мкМ значительно ингибировали энергию прорастания семян. Это коррелировало с содержанием МДА – маркером окислительного стресса. Уровень МДА в растениях обработанных 50 мкМ и 100 мкМ ибупрофеном не менялся, при этом их длина, сырая и сухая масса была на 16-18 % выше контрольных значений. Наряду с этим, 200 мкМ и 400 мкМ ибупрофена вызывало двукратное накопление МДА и ингибирование роста растений.

Анализ защитного действия НПВП на растения пшеницы в условиях засоления (100 мМ NaCl) выявил, что 100 мкМ ибупрофена значительно снижает повреждающее действие стресса, особенно этот эффект был замечен при использовании такого подхода, как выдерживание семян. Так, засоление приводило к снижению показателей ростовых параметров на 65% относительно контроля, 100 мкМ ибупрофен поддерживал эти показатели на 12-15% ниже контрольного уровня. Уровень МДА повышался на 70% в растениях подвергнутых засолению, ибупрофен снижал стресс-индуцированное накопление МДА и его уровень был на 20% выше контроля.

Полученные в данной работе результаты, дают основание утверждать, что 100 мкМ ибупрофена является эффективным регулятором роста и устойчивости растений пшеницы и наши дальнейшие исследования будут направлены на изучение механизмов вовлекающиеся в регулируемые им эффекты.

Ключевые слова: пшеница; ибупрофен; регулятор роста растений; засоление; устойчивость

IBUPROFEN IN STIMULATING WHEAT GROWTH AND RESISTANCE

Maslennikova D.R.^{1,2*}, Karpuchin A.A.², Davletshina L.S.², Zamanova R.F.²

¹ FSBSI Institute of Biochemistry and Genetics UFRS, Ufa, Russian Federation

² FSBEI Higher Education «USPTU», Ufa, Russian Federation

Keywords: wheat; ibuprofen; plant growth; salinity; tolerance

© Масленникова Д.Р., Карпучин А.А., Давлетшина Л.С., Заманова Р.Ф., 2024

ПОТОКИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (CO₂ И CH₄) С ПОВЕРХНОСТИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ЭПИФИТНЫХ ЛИШАЙНИКОВ КРИОЛИТОЗОНЫ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Масягина О.В.^{1*}, Евграфова С.Ю.^{1,2}, Ковалева Н.М.¹, Децура А.Е.¹, Порфирьева Е.В.¹,
Меняйло О.В.³, Матвиенко А.И.¹

¹ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

² Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Россия

³ Международное агентство по атомной энергии, Вена, Австрия

* oханamas@ksc.krasn.ru

В настоящее время многие исследования сосредоточены на цикле углерода (С) и температурно-зависимых процессах в высоких широтах, вызывающих изменение климата, при этом нет достаточной информации о роли эпифитных лишайников (ЭЛ) в балансе С таких экосистем, особенно в зоне многолетней мерзлоты Средней Сибири. Предполагается, что новые данные о потоках парниковых газов (ПГ) ЭЛ позволят пересмотреть общие оценки потоков ПГ в экосистемах, тем самым улучшив понимание текущих процессов и будущие прогнозы. В связи с этим, целью работы было оценить потенциальные величины потоков диоксида углерода (CO₂) и метана (CH₄) у наиболее распространенных видов ЭЛ (*Evernia mesomorpha* Nyl. и *Bryoria simplicior* (Vain.) Brodo et D. Hawksw.), произрастающих на лиственнице Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) в зоне распространения многолетней мерзлоты Средней Сибири (п. Тура). Инкубационные эксперименты выявили влияние экспозиции ветви лиственницы, на которой произрастали ЭЛ, влажности ЭЛ и вида ЭЛ на потоки ПГ. Интенсивность выделения CO₂ ЭЛ составила до 60 мкг С-CO₂ г⁻¹ ч⁻¹, метана - до 1.8 нг С-CH₄ г⁻¹ ч⁻¹. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №23-24-00167.

Ключевые слова: эпифитные лишайники; изменение климата; многолетняя мерзлота; диоксид углерода; метан

GREENHOUSE GAS FLUXES (CO₂ AND CH₄) BY THE MOST COMMON EPIPHYTIC LICHENS OF THE CRYOLITHOZONE OF CENTRAL SIBERIA

Masyagina O.V.^{1*}, Evgrafova S.Y.^{1,2}, Kovaleva N.M.¹, Detsura A.E.¹, Porfirieva E.V.¹,
Menyailo O.V.³, Matvienko A.I.¹

¹ Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center SB RAS”, Krasnoyarsk, Russia;

² Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia;

³ Joint FAO/IAEA Centre of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Vienna, Austria;

Ключевые слова: epiphytic lichens; climate change; permafrost; carbon dioxide; methane

© Масягина О.В., Евграфова С.Ю., Ковалева Н.М., Децура А.Е.,
Порфирьева Е.В., Меняйло О.В., Матвиенко А.И., 2024

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ТАЛЛОМА ЭПИФИТНОГО ЛИШАЙНИКА РОДА *EVERNIA* НА ПОТОКИ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ (CO₂ И CH₄) С ЕГО ПОВЕРХНОСТИ: ИНКУБАЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В УСЛОВИЯХ ОСВЕЩЕНИЯ

Матвиенко А.И.^{1*}, Евграфова С.Ю.^{1,2}, Ковалева Н.М.¹, Децура А.Е.¹, Порфирьева Е.В.¹, Меняйло О.В.³, Масыгина О.В.¹

¹ Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

² Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Россия

³ Международное агентство по атомной энергии, Вена, Австрия

* matvienko.ai@ksc.krasn.ru

Эпифитные лишайники (ЭЛ) - это пойкилогидрические организмы, способные менять свой метаболизм в соответствии с уровнем содержания влаги в окружающей среде. Однако активность их метаболизма в пограничных уровнях увлажнения, особенно переувлажненных, видоспецифична. Наряду с температурой, влажность (количество осадков) рассматривается в качестве драйвера климатических изменений в высоких широтах. Поэтому изучение влияния влажности на скорость и направленность потоков CO₂ и CH₄ с поверхности ЭЛ, включая вклад гетеротрофных и автотрофных компонентов, поможет оценить роль сообщества ЭЛ в цикле углерода в зоне распространения многолетней мерзлоты в условиях меняющегося климата. В лабораторном инкубационном эксперименте оценивались потенциальные потоки парниковых газов (ПГ) (CO₂ и CH₄) при четырех уровнях влажности (50, 100, 200 и 400%) с поверхности таллома *Evernia mesomorpha* Nyl. как одного из наиболее распространенных видов ЭЛ в высоких широтах Средней Сибири (п. Тура). Пробы газа объемом 22-25 мл отбирали шприцами из сосудов с образцами лишайников до начала и после 2-часовой инкубации в условиях освещения при 18°C. Анализ концентраций CO₂ и CH₄ в пробах газа проводили с помощью газоанализатора Picarro G2201-*i*, и затем рассчитывали поток CO₂ или CH₄ с поверхности ЭЛ (мкг С-CO₂ (или нг С-CH₄) г⁻¹ ч⁻¹). При максимальном уровне увлажнения лишайника (400%) выявлено ингибирование фотоассимиляции CO₂. Обнаружено выделение CH₄ при всех уровнях гидратированности таллома. **Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 23-24-00167.**

Ключевые слова: эпифитные лишайники; влажность таллома; многолетняя мерзлота; диоксид углерода; метан

GREENHOUSE GAS (CO₂ AND CH₄) FLUXES BY THE EPIPHYTIC LICHEN OF THE GENUS *EVERNIA* ARE AFFECTED BY THE WATER CONTENT OF ITS THALLUS: AN INCUBATION EXPERIMENT UNDER ILLUMINATION

Matvienko A.I.^{1*}, Evgrafova S.Y.^{1,2}, Kovaleva N.M.¹, Detsura A.E.¹, Porfirieva E.V.¹, Menyailo O.V.³, Masyagina O.V.¹

¹ Sukachev Institute of Forest SB RAS, Federal Research Center "Krasnoyarsk Science Center SB RAS", Krasnoyarsk, Russia;

² Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia;

³ Joint FAO/IAEA Centre of Nuclear Techniques in Food and Agriculture, Vienna, Austria;

Keywords: epiphytic lichens; thallus water content; permafrost; carbon dioxide; methane

© Матвиенко А.И., Евграфова С.Ю., Ковалева Н.М., Децура А.Е., Порфирьева Е.В., Меняйло О.В., Масыгина О.В., 2024

ПУТИ И ВОЗМОЖНОСТИ СОХРАНЕНИЯ РЕДКИХ РАСТЕНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

Охлопкова Ж.М.^{1*}, Кучарова Е.В.¹, Разгонова М.П.², Кочкин Д.В.³

¹ Северо-Восточный федеральный университет, Якутск, Россия

² Дальневосточная опытная станция ВИР, Владивосток, Россия

³ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

* zhm.okhlopkova@s-vfu.ru

Для сохранения биоразнообразия и генетического фонда растительных ресурсов важную роль играют ботанические сады. В полигонах Якутского ботанического сада ИБПК СО РАН и ботанического сада СВФУ интродуцированы некоторые редкие и исчезающие растения Якутии, однако, отдельные виды обладают скудным самосевом или нестабильным низким семеношением, что создает угрозу для поддержания их оптимальной численности.

Целью исследования является разработка технологии клонального микроразмножения редких растений криолитозоны с анализом фитохимического профиля. Объектами исследования являются *Dracocephalum jacutense* Peschkova, *Thermopsis lanceolata* subsp. *jacutica* (Czefr.) Schreter, *Lilium pilosiusculum* (Frey) Miscz., *Polygala sibirica* L. и *Artemisia martjanovii* Krasch. ex Poljakov. Растительный материал был собран во время экспедиций на территории Кобяйского, Нюрбинского и Хангаласского районов Якутии с июня по сентябрь 2022 и 2023 гг. Для введения растений в культуру *in vitro* апробировали различные экспланты (листовые, стеблевые, корневые) от стерильных проростков, культивируемых в условиях климатической камеры MLR-352H (Sanyo, Япония) при 26 ± 1 °C, влажности $70 \pm 5\%$, интенсивности освещения 5000 лк с фотопериодом 18/6. В течение 2–4 недель после инокуляции эксплантов на питательные среды МС с добавлением разного соотношения фитогормонов БАП, НУК, 2,4-Д и др. получали первичные каллусные культуры. На стабильно растущих каллусах изучали динамику роста сырой и сухой биомассы, а также инициировали непрямой морфогенез. Развитые микропобеги аккуратно разделяли и пересаживали на питательные среды МС с добавлением разной концентрации НУК для инициации ризогенеза. Укорененные микропобеги переносили в почвенный субстрат и культивировали в условиях фитостеллажа «Стеллар-ФИТО Line P6-C» (AWTech, Россия) до прохождения этапа адаптации в условиях открытого грунта на территории Якутского ботанического сада. На разных этапах исследования отбирались образцы для изучения фитохимического профиля с помощью ВЭЖХ-МС/МС на Shimadzu LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония), для качественного и полуколичественного анализа с помощью ЖХ-МС на ACQUITY UPLC H-Class PLUS (Waters, США) и на Agilent 1260 Infinity (Agilent Technologies, США) оснащенном масс-селективным детектором 6100 (Agilent Technologies, США).

Исследование выполнено в Северо-Восточном федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда № 22–14–20031, <https://rscf.ru/project/22-14-20031/>.

Ключевые слова: редкие растения, культура *in vitro*, ЖХ, МС, Якутия

WAYS AND OPPORTUNITIES FOR CONSERVING RARE PLANTS OF THE CRYOLITHOZONE

Okhlopkova Z.M.¹, Kucharova E.V.¹, Razgonova M.P.^{2,3}, Kochkin D.V.⁴

¹ North-Eastern Federal University, Yakutsk, RF

² Far Eastern experimental station VIR, Vladivostok, RF

³ Moscow State University named after M. V. Lomonosov, Moscow, RF

Keywords: rare plants, *in vitro* culture, LC, MS, Yakutia

© Охлопкова Ж.М., Кучарова Е.В., Разгонова М.П., Кочкин Д.В., 2024

АЛЬГИНАТ НАТРИЯ – ПОЛИМЕРНАЯ МАТРИЦА ДЛЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И СЕЛЕНА

Панов Д.А.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия
panova_sim@mail.ru

Альгинат натрия – природный полисахарид, выделенный из бурых и красных водорослей, является биологически активным веществом. Гели, образованные альгинатом, термообратимы и обладают широким спектром лечебно-профилактических свойств, что обуславливает широкое применение в медицине, биотехнологии и различных областях пищевой промышленности. Благодаря своей полимерной основе альгинат может выполнять роль матрицы для наночастиц биологически важных микроэлементов (серебро, селен и др.). Синтез наночастиц нуль-валентного селена осуществлялся за счет процессов химического восстановления селенит-ионов аминокислотой L-цистеином в растворе альгината натрия. После завершения реакции раствор приобретал оранжево-красный цвет, что свидетельствовало об образовании наночастиц селена. Альгинат натрия был использован в качестве восстановителя-стабилизатора ионов серебра. Фотометрическое восстановление ионов-серебра проводили на воздухе. В качестве источника света использовали ртутную лампу высокого давления ДРШ-250. Облучение проводили в течение 30 минут. О появлении наночастиц серебра судили по изменению цвета раствора: от светло-желтого до темно-коричневого. В данных условиях карбоксильные и гидроксильные группы полисахарида взаимодействуют с катионами серебра, связывая их в прочный растворимый комплекс, под действием света восстанавливают их непосредственно в этом комплексе, одновременно стабилизируя наночастицы серебра. Спектры поглощения коллоидных растворов наночастиц селена и серебра регистрировали с помощью спектрофотометра Shimadzu UV-1280. Для данных спектров характерно появление полос поверхностного плазменного резонанса (ППР), при длине волны $\lambda = 420$ нм (для серебра) и $\lambda = 256$ нм (для селена). Максимумы полос ППР для этих наносистем свидетельствовали об образовании в водном растворе наночастиц серебра со средним размером 10–20 нм и наночастиц селена 24–34 нм. Методом просвечивающей и растровой электронной микроскопией было обнаружено, что образующиеся наночастицы имеют сферическую форму с узким распределением по размерам. Эти частицы длительное время (полгода для серебра и более месяца для селена) сохраняют агрегативную устойчивость, о чем свидетельствуют незначительные изменения в спектрах поглощения. Стабильность наночастиц достигается за счет адсорбции полисахарида на поверхности наночастиц, образуя полимерную оболочку, препятствующую агрегации и росту частиц, а также повышению их устойчивости к окружающей среде. Синтезированные нанобиоконпозиты селена и серебра были использованы для предпосевной обработки семян культурных и декоративных растений. Установлено, что данные препараты способствовали стимуляции накопления биомассы корней и надземной части растений, по сравнению с контрольными образцами. Полученные биоконпозиты наноселена и наносеребра могут быть использованы при проведении научных и прикладных исследований в области биохимии, медицины, пищевой промышленности, препаратов сельскохозяйственного назначения.

Ключевые слова: полисахарид; альгинат; наноселен; наносеребро; стабилизатор

SODIUM ALGINATE – A POLYMER MATRIX FOR SILVER AND SELENIUM NANOPARTICLES

Panov D.A.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

Keywords: polysaccharide; alginate; nanoselenium; nanosilver; stabilizer

© Панов Д.А., 2024

ПОЛУЧЕНИЕ И ОЧИСТКА РЕКОМБИНАНТНОГО ЛЕКТИНА ЛЬНА ИЗ ГРУППЫ АМАРАНТИНОВ

Петрова Н.В., Мокшина Н.Е.

Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия
npetrova@inbox.ru

Лектины являются широкораспространенной группой во всех царствах живой природы. При этом группа растительных лектинов имеет ряд существенных особенностей, не в последнюю очередь обусловленных большим разнообразием углеводных структур у растений. Растительные лектины делят на семейства в соответствии с их консервативными доменами, распознающими углеводы (Van Damme et al., 2008; Jiang et al., 2010). Среди растительных лектинов выделяются амарантины, одно из уникальных для растений семейств. Распространение этого домена ограничено сосудистыми растениями, но не повсеместно, а разбросано по разным растительным семействам. У некоторых видов растений при анализе геномов обнаружены единичные представители группы амарантинов, у других – до двух десятков и они образуют мультигенные семейства. К последним относится такая важная с/х культура как лен (*Linum usitatissimum*). Группа амарантинов, как, впрочем, и многие другие растительные лектины, остается недостаточно изученной, в том числе из-за низкого содержания в тканях растений, что затрудняет получение нужных для характеристики субстратной специфичности количеств белка. Это ограничение можно преодолеть с помощью получения рекомбинантного белка. В выборе платформы для наработки рекомбинантного белка ориентировались на растительные системы экспрессии, поскольку узкий филогенетический разрыв между нативным источником и рекомбинантной платформой, будет способствовать надлежащему прохождению посттрансляционных модификаций и сохранению стабильности белка. В данной работе это продемонстрировано на примере получения рекомбинантного амарантина льна (Lus10016109) в системе табака *Nicotiana benthamiana* с использованием технологий молекулярного клонирования. Белок был успешно наработан в листьях *N. benthamiana* и очищен методами афинной хроматографии (использовали мечение His-tag на этапе конструирования праймеров) в количестве 0,2 мг очищенного белка на грамм сырого веса.

С использованием рекомбинантного белка впервые экспериментально показано для амарантина льна (Lus10016109) наличие таких посттрансляционных модификаций как фосфорилирование и гликозилирование. Отрабатываются методики афинного электрофореза для демонстрации субстратной специфичности углеводраспознающего домена.

Ключевые слова: лектины; амарантины; *Linum usitatissimum*; молекулярное клонирование

PRODUCTION AND PURIFICATION OF RECOMBINANT FLAX LECTIN FROM THE AMARANTHIN FAMILY

Petrova N.V., Mokshina N.E.

Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, FRC KSC RAS, Kazan, Russia

Keywords: lectins; amarantins; *Linum usitatissimum*; molecular cloning

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 24-24-00516.

© Петрова Н.В., Мокшина Н.Е., 2024

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ *IN VITRO* И КАЛЛУСОГЕНЕЗ *SAPOSHNIKOVIA DIVARICATA* (TURZ.) SCHISHK

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

* rakhmif@anrb.ru

Сапожниковия растопыренная (*Saposhnikovia divaricata* (Turcz.) Schischk) - многолетнее травянистое растение, обладающее большим фармакологическим потенциалом. К настоящему времени из *S. divaricata* выделено более 100 биологически активных соединений, включая хромоны, кумарины и полиацетилены, являющиеся потенциальными активными компонентами для лечения заболеваний иммунной, нервной и дыхательной систем. Корни сапожниковии растопыренной издавна широко используются в традиционной медицине многих азиатских стран при лечении простудных заболеваний, артрита, головных болей. В последние годы в нашей стране также наблюдается активная добыча корней этого растения. Однако нерациональное использование сырьевой базы *S. divaricata* создает угрозу для естественных популяций данного вида. В связи с этим актуальными являются исследования, направленные на разработку способов размножения сапожниковии растопыренной в условиях *in vitro*. Целью данной работы является определение оптимальных условий для получения асептической, хорошо растущей культуры *in vitro* и индукция органогенеза *S. divaricata*.

Для получения стерильных проростков семена сапожниковии растопыренной предварительно стратифицировали при +5°C в течение 2 недель. Затем семена подвергали поверхностной стерилизации последовательно в 75%-ном этаноле (1 мин) и в 10%-ной белизне (5 мин), пять раз промывали стерильной дистиллированной водой и переносили на среду Мурасиге и Скуга (МС) с 3% содержанием сахарозы и 0,6% содержанием агара. Для индукции органогенеза в качестве эксплантов использовали семядоли, гипокотили и листья *S. divaricata*, которые культивировали на среде МС содержащей регуляторы роста - 2,4-дихлорфеноксиуксусную кислоту (2,4-D) в концентрации 1 мг/л, индолилуксусную кислоту (ИУК) в концентрации 1.5 мг/л, 6-бензиламинопуриин (БАП) в концентрации 1.5 мг/л и зеатин в концентрации 1 мг/л. Через две недели на листовых эксплантах *S. divaricata*, которые культивировали на среде содержащей 1 мг/л 2,4-D и 1 мг/л зеатина, появились рыхлые, светло-зеленые каллусы. Сочетание с 1.5 мг/л БАП и 1 мг/л 2,4-D также индуцировало каллусообразование на поверхности гипокотилей *S. divaricata*. Семядольные листья оказались наименее способными к каллусогенезу в исследуемых условиях культивирования. 1 мг/л зеатина в сочетании с 1.5 мг/л ИУК не стимулировал каллусогенез ни на одном из видов эксплантов. Дальнейшей регенерации побегов *S. divaricata* в вышеперечисленных условиях не наблюдалось, поэтому исследования по подбору оптимального состава регуляторов роста продолжаются.

Ключевые слова: сапожниковия растопыренная; микрклональное размножение; экспланты

IN VITRO CULTIVATION AND CALLUS FORMATION OF *SAPOSHNIKOVIA DIVARICATA* (TURZ.) SCHISHK

Rakhmatullina I.F.^{1,2}, Kuluev B.R.^{1,2}

¹ Institute of Biochemistry and Genetics of UFRS RAS, Ufa, Russia

² Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Keywords: *Saposhnikovia divaricata*, micropropagation, explants

© Рахматуллина И.Ф., Кулуев Б.Р., 2024

ВЛИЯНИЕ НИТРОПРУССИДА НАТРИЯ НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Рахматуллина С.Р.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия
r.sveta@inbox.ru

Последствия загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ), связанными с горнодобывающим, агропромышленным производством, антропогенной деятельностью, утилизацией бытовых отходов, ирригацией засушливых земель водой с применением промышленных стоков, переработкой отходов рудных производств - усложняются. ТМ - цинк (Zn) и кадмий (Cd). Нитропруссид натрия (SNP) используется при действии ТМ. Выявлено, что SNP увеличивал массу побегов и корней на 14,5% и 34,0%, рост в длину на 31,5% и 28,9% при действии Zn. Стимуляция SNP наблюдалась и на Cd. SNP увеличивал активность пероксидазы в побегах на 29,3%, каталазы в корнях на 24,6%, снижал содержание малонового диальдегида (МДА) в побегах и корнях на 29,9% и 27,1% при действии Zn. На Cd SNP снижал содержание МДА в побегах и корнях на 32,8% и 31%.

Ключевые слова: тяжелые металлы; нитропруссид натрия

THE EFFECT OF SODIUM NITROPRUSSIDE ON MORPHOPHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF WHEAT UNDER THE ACTION OF HEAVY METALS

Rakhmatullina S.R.

Ufa University of Science and Technology

Keywords: heavy metals; sodium nitroprusside

© Рахматуллина С.Р., 2024

РОЛЬ ПЕРЕНОСЧИКА АБК NRT 1.2 В РЕГУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ АРАБИДОПСИСА ПРИ ЗАСОЛЕНИИ

Севостьянова А.О., Коробова А.В.

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия
anka.sevostyanova@yandex.ru

Объектом для изучения транспорта гормонов служили растения арабидопсиса (*Arabidopsis thaliana* L.), мутантные по гену транспортера нитратов NRT1.2, которые являются также переносчиком абсцизовой кислоты (АБК). Родительская форма - экотип Wassilewskija (Ws).

Целью работы было выявление возможной роли распределения АБК между органами растений, создающегося работой трансмембранных переносчиков, в формировании ростового ответа растений арабидопсиса на засоление.

В возрасте трех недель растения арабидопсиса по 12 штук были пересажены на плотки, плавающие на поверхности 10%-го раствора Хогланда-Арнона. В питательную среду половины растений был добавлен хлорид натрия до конечной концентрации 150 ммоль/л.

Длина корней, массы побега, корней и растений мутантов, которые росли без добавления хлорида натрия были ниже, чем у растений исходного экотипа Wassilewskija. А засоление приводило к снижению этих показателей у исходных растений, но не изменяло у мутантных.

Более низкие значения массы побегов и корней у мутантов без NaCl можно объяснить повышенным содержанием АБК в их побегах и корнях. Снижение показателей роста у исходных растений на засоление могло быть вызвано накоплением АБК в этих условиях. А у мутантных растений мы не обнаружили увеличения содержания АБК.

Цитокинины способны стимулировать рост побегов и тормозить рост корней. Мы обнаружили некоторое повышение суммарной концентрации трех форм цитокининов в корнях мутантных растений NaCl по сравнению с контрольными мутантными растениями. Это могло быть причиной тенденции к снижению накопления массы корней у этих растений.

Важным показателем устойчивости растений служит относительный рост корней и побегов, соотношение массы корень/побег у мутантных растений было ниже, чем у исходных, росших без NaCl. Засоление приводило к резкому снижению соотношения корень/побег у исходных растений, данная реакция у мутантов проявлялась в меньшей степени. Торможение роста корней в условиях засоления — это важная адаптивная реакция растений, поскольку она позволяет уменьшить площадь поглощения токсичных ионов. Эта реакция осуществлялась у исходных растений в наших экспериментах с участием АБК в побегах и корнях. А у мутантных растений, у которых нарушен транспорт АБК, — с помощью цитокининов. Мы предполагаем, что адаптивный ростовой ответ растений на засоление, который регулируется абсцизовой кислотой, зависит от ее транспорта.

Ключевые слова: *Arabidopsis thaliana*; NRT1.2, абсцизовая кислота; цитокинины; рост

ROLE OF THE ABA CARRIER NRT 1.2 IN THE REGULATION OF ARABIDOPSIS PLANTS GROWTH UNDER SALINITY

Sevostyanova A.O., Korobova A.V.

Ufa Institute of Biology of Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
anka.sevostyanova@yandex.ru

Keywords: *Arabidopsis thaliana*; NRT1.2, abscisic acid; cytokinins; growth

© Севостьянова А.О., Коробова А.В., 2024

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ И ПАРАМЕТРЫ МОДЕЛИ КРУПНОЗЕРНОГО СОРТА РИСА

Скаженник М.А. *, Ковалев В.С., Пшеницына Т.С., Григорьев А.О.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный научный центр риса», Краснодар, Россия

e-mail: sma_49@mail.ru

В формировании высокого и гарантированного урожая риса важную роль играет сорт. Созданные в последние годы селекционерами института сорта риса несколько различаются по урожайности и устойчивости к неблагоприятным факторам среды, что определяется особенностями их продукционного процесса. Дальнейшие успехи селекции в повышении продуктивности сортов связаны с изучением этого процесса и разработки на его основе моделей современных генотипов риса, включающих комплекс морфофизиологических признаков, обеспечивающих эффективную оценку и отбор наиболее продуктивных и адаптивных форм риса. В основе разработки идеотипа сорта, как биологической модели, лежит концепция создания оптимального морфофизиологического типа растения, в котором морфофизиологические признаки с ускоренными процессами обмена веществ обуславливают высокий хозяйственный урожай. Сопряженность этих признаков дает возможность селекционеру по установленным морфофизиологическим параметрам проводить изучение и оценку селекционных образцов на продуктивность и адаптивность к условиям внешней среды на разных этапах селекционного процесса. Целью работы явилось изучение продукционного процесса крупнозерновых сортов риса, а также разработка на этой основе научно обоснованных параметров физиологической модели крупнозернового генотипа. Установлены количественные параметры признаков, определяющих особенности донорно-акцепторных отношений у крупнозерновых генотипов риса, урожайность и устойчивость к полеганию. Определены морфофизиологические признаки сортов, обуславливающие у них активность фотосинтетического аппарата, характер распределения ассимилятов по органам растения, величину и структуру биологического и хозяйственного урожая, реакцию на азот и устойчивость к полеганию. Разработаны параметры модели крупнозернового генотипа риса для использования в селекционном процессе и совершенствования технологии его возделывания. Основными параметрами модели являются: сила роста семян, объемная плотность посева, уборочный индекс ($K_{хоз}$), озерненность метелки и агрофитоценоза, устойчивость стебля на изгиб и содержание в нем целлюлозы, доля использования поглощенного азота на формирование урожая (K_N , %), имеющие тесную связь с урожайностью сортов. С использованием этой модели создан крупнозерновый сорт риса Стромбус, который передан на государственное сортоиспытание.

Ключевые слова: рис; сорт; продукционный процесс; элементы урожая; урожайность

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта КНФ МФИ-П-20.1-14/21

MORPHOPHYSIOLOGICAL TRAITS AND PARAMETERS OF THE MODEL OF LARGE GRAIN RICE VARIETY

Skazhennik M.A., Kovalyov V.S., T.S. Pshenitsyna, Grigoriev A.O.

FGBNU «Federal Scientific Rice Centre», Krasnodar, Russia

Key words: rice; variety; production processes; yield elements; yield

© Скаженник М.А., Ковалев В.С., Пшеницына Т.С., Григорьев А.О., 2024

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ УСТОЙЧИВОСТИ К ПОЛЕГАНИЮ СОРТОВ РИСА С РАЗНОЙ КРУПНОСТЬЮ ЗЕРНА

Скаженник М.А.*, Ковалев В.С., Пшеницына Т.С., Григорьев А.О.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный научный центр риса», Краснодар, Россия

e-mail: sma_49@mail.ru

Полегание посевов злаков оказывает значительное отрицательное воздействие на фотосинтетическую и продукционную деятельность. Это связано с глубокими нарушениями распределения массы надземных органов растений в биомассе посева по его высоте, когда вся она уплотняется в нижнем слое, толщиной 0-30 см, что вызывает значительное ухудшение освещения растений, газообмена, приводит к изменениям температурного режима и относительной влажности воздуха в ценозе. У риса к этим неблагоприятным факторам добавляются и другие, связанные с наличием слоя воды на рисовом поле. Особенно неблагоприятно полегание риса на семеноводческих посевах, вызывающее уменьшение выхода семян и снижение их посевных качеств. В условиях Кубани главной причиной полегания посевов риса является избыточное азотное питание растений, которое стимулирует их кущение, образование у них более мощного листового аппарата. В результате чего формируются загущенные посевы со значительно ослабленным солнечным освещением в средней и нижней частях растения, которое является мощным фактором регуляции роста побегов в высоту. При этом уменьшаются размеры клеток в поперечном сечении, что вызывает снижение толщины клеточных стенок стебля, его диаметра, а отсюда и его сопротивления на изгиб или излом.

В многолетних опытах по изучению у шести сортов с разной крупностью зерна продукционного процесса на разных фонах минерального питания, одновременно выявлялись и признаки, определяющие их устойчивость к полеганию. Фоны удобрений были следующие: 1 – $N_{12}P_6K_6$ (средний фон); 2 – $N_{24}P_{12}K_{12}$ (оптимальный фон); 3 – $N_{36}P_{18}K_{18}$ (высокий фон) г д.в. на 1 м². Уровень полегания посевов определяли по доле полегших участков к общей их площади в %. Установлено, что на среднем фоне минерального питания полегание растений у всех исследуемых сортов не наблюдалось. Оно проявлялось на оптимальном и, особенно сильно, на высоких фонах питания. При этом важными физиологическими признаками, значительно изменяющимися под воздействием высокой дозы азота, являются уровень кущения растений, содержание целлюлозы в 1 см длины стебля и устойчивость его на изгиб, имеющие связь с полеганием посевов исследуемых сортов. Более значительная часть ассимилятов среднезерного сорта Каурис и крупнозерного Яхонт использовалась на образование массивных стеблей, что обусловило повышенную устойчивость их посевов к полеганию и привело к понижению уборочного индекса и урожайности этих генотипов. Эти признаки используются в лаборатории физиологии при оценке на устойчивость к полеганию и разработке моделей сортов риса.

Ключевые слова: рис, сорт, продукционный процесс, устойчивость к полеганию, урожайность

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта КНФ МФИ-П-20.1-14/21

PHYSIOLOGICAL TRAITS OF RESISTANCE TO LODGING OF RICE VARIETIES WITH DIFFERENT GRAIN SIZES

Skazhennik M.A., Kovalyov V.S., T.S. Pshenitsyna, Grigoriev A.O.

FGBNU «Federal Scientific Rice Centre», Krasnodar, Russia

Key words: rice, variety, production processes, lodging resistance, yield

© Скаженник М.А., Ковалев В.С., Пшеницына Т.С., Григорьев А.О., 2024

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У РАСТЕНИЙ ТОМАТА

Снигур М.Г.*, Дерябин А.Н., Венжик Ю.В.

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

*T.2016.2017.T@gmail.com

Наноматериалы – это мельчайшие (менее 100 нм) частицы различной химической природы, обладающие уникальными физико-химическими свойствами, позволяющими им проникать через биологические барьеры и изменять жизнедеятельность растений. Искусственно созданные наночастицы металлов способны стимулировать ростовые показатели, изменять многие метаболические и физиологические процессы в растительном организме. Наночастицы золота (НЧЗ) благодаря своей химической природе имеют высокую совместимость с живыми организмами, поэтому широко используются в медицине. НЧЗ в микродозах не представляют опасности для человека, животных и людей. Целью данного исследования являлось изучение влияния НЧЗ на некоторые физиолого-биохимические показатели томата. Опыты проводили на 3-недельных растениях томата (*Solanum lycopersicum* L.) сорта Кулон. Для обработки растений использовали метод нанопрайминга: перед посадкой семена выдерживали в растворах НЧЗ (15 нм, 20 мкг/мл) в течение 24 ч. Основные эффекты НЧЗ на растения изучали по стандартным методикам в контрольных условиях (23°C) и после низкотемпературного закаливания (9°C, 7 сут.). Показано, что в контрольных условиях обработка НЧЗ повышала уровень фотосинтетических пигментов в листьях томата за счет увеличения содержания хлорофилла *a* и каротиноидов по сравнению с необработанными НЧЗ растениями. Общее количество сахаров (сахарозы, глюкозы и фруктозы) в листьях растений после нанопрайминга было ниже, чем у контрольных растений. Низкотемпературное закаливание приводило к снижению содержания фотосинтетических пигментов как у необработанных, так и у обработанных НЧЗ растений. При этом, содержание сахаров в листьях возрастало, особенно у растений, обработанных НЧЗ. Увеличение содержания растворимых сахаров в листьях растений является неспецифической реакцией защиты от негативного действия абиотических факторов, в том числе низких температур. Показано, что в условиях действия закаливающей температуры холодоустойчивость томата, определенная по выходу электролитов из тканей листьев, была существенно выше у обработанных НЧЗ растений. Таким образом, в контрольных условиях нанопрайминг оказывал влияние на содержание фотосинтетических пигментов и сахаров, а в условиях низкотемпературного закаливания повышал устойчивость растений томата к холоду за счет увеличения содержания растворимых сахаров, выполняющих полифункциональную роль в клетках в условиях стресса.

Авторы благодарят д.б.н., в.н.с. ИБФРМ СарНЦ РАН Л.А. Дыкмана за помощь в синтезе коллоидных растворов наночастиц золота.

Исследование поддержано грантом Российского научного фонда № 23-26-00054 (<https://rscf.ru/project/23-26-00054/>).

Ключевые слова: *Solanum lycopersicum* нанопрайминг; наночастицы золота; низкотемпературное закаливание

EFFECT OF GOLD NANOPARTICLES ON SOME PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN TOMATO PLANTS

Snigur M.*, Deryabin A., Venzhik Yu.

¹K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Key words: *Solanum lycopersicum*; nanopriming; gold nanoparticles; low temperature hardening

© Снигур М.Г., Дерябин А.Н., Венжик Ю.В., 2024

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТЕАЗНОЙ АКТИВНОСТИ ШТАММОВ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ ЭНДОФИТНЫХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО УРАЛА

Сорокань А.В., Благова Д.К., Габдрахманова В.Ф., Хайруллин Р.М.

Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук

В последние десятилетия в мире растет интерес к биологическим средствам защиты растений. Сельскохозяйственные культуры содержат в своих тканях эндофитные микроорганизмы (бактерии, грибы), существующие без проявления патологий. Многие из них обладают хозяйственно-полезными свойствами. Некоторые штаммы производят ферменты, в частности, протеазы, служащие для разложения структурных полимеров грибных патогенов, что может играть роль в защите растения-хозяина.

В коллекции лаборатории биохимии иммунитета растений ИБГ УФИЦ РАН поддерживается коллекция эндофитных микроорганизмов, выделенных из внутренних тканей сельскохозяйственных растений, произрастающих на территории Южного Урала (<http://ibg.anrb.ru/wp-content/uploads/2019/04/Katalog-endofit.doc>). В рамках данной работы были исследованы способность отобранных штаммов бактерий рода *Bacillus* колонизировать внутренние ткани картофеля и продуцировать протеолитические ферменты *in vitro*. Из протестированных 35 штаммов наибольшей протеолитической активностью обладали *B. amyloliquefaciens* UTCH6 и *B. subtilis* PSIBG4. Высокие показатели, сравнимые с таковыми для широко применяемого *B. subtilis* 26Д (основа препарата «Фитоспорин»), проявили выделенные из растений мягкой пшеницы штаммы *Bacillus* sp. 11RNR, 89RNR, TV2, из *T. timopheevii* - *Bacillus* sp. Ttl2, из картофеля - *Bacillus* sp. STK18, *B. subtilis* STS32, *Priestia megaterium* STS43, *P. megaterium* STS31, *Bacillus* sp. STS13, *B. velezensis* M66. Гало вокруг колоний, свидетельствующее о наличии протеаз, отсутствовало только у штаммов *B. sp.* 011T и *B. sp.* TTL3. Для исследования эндофитных свойств штаммов стерильные растения картофеля сорта Ранняя роза были инокулированы суспензиями бактерий на нижнюю треть стебля, спустя 7 сут верхняя треть побега с листьями была отделена и поверхностно простерилизована, после чего растерли в стерильной воде и выселили на агаризованную среду LB. Большинство исследуемых штаммов отсутствовали в материале. Содержание эндофитных клеток модельного штамма *B. subtilis* 26Д составляло $79 \pm 14,4$ КОЕ* 10^4 /г побега, *B. subtilis* Ttl2 - $28 \pm 5,6$, *B. sp.* Ttl1 - $24 \pm 6,3$, *B. velezensis* M66 - $100 \pm 18,1$, *B. subtilis* PSIBG4 - $95,5 \pm 15,3$, *B. sp.* Tal-1 - $85 \pm 14,2$, *B. subtilis* STS63 - $20,3 \pm 6,8$. Таким образом, ряд исследованных штаммов, сочетающих протеолитическую активность и способность колонизировать ткани растений, могут быть перспективными для разработки биологических средств защиты растений.

Работа выполнена в рамках проекта РНФ № 24—26—00025 «Перспектива применения выделенных на территории Южного Урала эндофитных штаммов бактерий рода *Bacillus* для повышения устойчивости сельскохозяйственных растений к комплексу биотических факторов среды».

Ключевые слова: эндофиты, *Bacillus*, протеазы

RESEARCH OF PROTEASE ACTIVITY OF STRAINS DEPOSED IN A COLLECTION OF ENDOPHYTIC BACTERIA ISOLATED IN THE TERRITORY OF THE SOUTHERN URAL

Sorokan A.V., Blagova D.K., Gabdrachmanova V.F., Khairullin R.M.

Institute of Biochemistry and Genetics – a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Keywords: endophytes, *Bacillus*, proteases

© Сорокань А.В., Благова Д.К., Габдрахманова В.Ф., Хайруллин Р.М., 2024

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ТОНОПЛАСТА В УСЛОВИЯХ СТРЕССА, ВЫЗВАННОГО ИОНАМИ СВИНЦА

Спиридонова Е.В.^{1*}, Капустина И.С.¹, Озолина Н.В.¹, Гурина В.В.¹, Семёнова Н.В.¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, Россия

*e-mail: yatakol@mail.ru

В силу прикрепленного образа жизни растения сильно подвержены токсическому воздействию высоких концентраций свинца (Pb^{2+}), поглощая его из почвы и воздуха. Поступая в растения Pb^{2+} оказывает влияние на протекание многих физиологических процессов. Для защиты от стресса, вызванного Pb^{2+} , растения выработали защитные механизмы, один из которых связан с утилизацией ионов металла в вакуоль за счет работы белков-переносчиков. Действие стрессового фактора приводит к значительным изменениям в составе липидов вакуолярной мембраны (тонопласта), что оказывает влияние на функционирование транспортных систем. Жирные кислоты (ЖК) важный компонент липидов, которые играют значительную роль в клетке, в том числе и при стрессе. Изменения в составе ЖК тонопласта в ответ на действие Pb^{2+} изучено недостаточно хорошо. В связи с чем, цель настоящего исследования состояла в анализе изменений состава ЖК тонопласта в условиях стресса, вызванного ионами Pb^{2+} . В качестве модельного объекта исследования использовали корнеплодов соловой свеклы (*Beta vulgaris* L.). Из ткани корнеплодов проводили изолирование и очистку фракции тонопласта модифицированным макообъемным методом, разработанным в лаборатории физиологии растительной клетки СИФИБР СО РАН. Влияние металла оценивали при прямом действии на тонопласт в присутствии 1 и 2 мМ ионов Pb^{2+} . В дальнейшем проводили экстракцию общих липидов тонопласта модифицированным методом Фолча. Полученные липиды подвергали метилированию. Анализ метиловых эфиров ЖК осуществляли методом хромато-масс-спектрометрии. Идентификацию пиков метиловых эфиров ЖК выполняли в сравнении со стандартами и данными библиотеки масс-спектров NIST 05. Согласно полученным результатам, было обнаружено, что в присутствии 1 мМ Pb^{2+} происходит увеличение степени ненасыщенности ЖК тонопласта. Вызванное изменение, возможно, связано со снижением содержания пальмитиновой кислоты (C16:0) на 7,3% и увеличением линолевой (C18:2(n-6)) и линоленовой (C18:3(n-3)) ЖК на 7,8 и 2,2% соответственно. Повышение степени ненасыщенности ЖК может приводить к увеличению текучести мембраны, влияя тем самым на процессы транспорта на вакуолярной мембране. Применение 2 мМ Pb^{2+} не оказывало значимого влияния на степень насыщенности липидов тонопласта. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что Pb^{2+} оказывает разное действие на состав жирных кислот в зависимости от используемой концентрации. Наиболее значимые изменения отмечены для концентрации 1 мМ, которые могут выступать в роли одного из механизмов адаптации вакуолярной мембраны к действию Pb^{2+} .

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-26-00208, <https://rscf.ru/project/23-26-00208/>

Ключевые слова: *Beta vulgaris* L.; стресс; тонопласт; жирные кислоты; ионы свинца

FATTY ACID COMPOSITION OF TONOPLAST UNDER LEAD ION STRESS

Spiridonova E.V.^{1*}, Kapustina I.S.¹, Ozolina N.V.¹, Gurina V.V.¹, Semenova N.V.¹

¹ Federal state budgetary institution of science Siberian institute of plant physiology and biochemistry, Siberian branch of the Russian academy of sciences, Irkutsk, Russian

Keywords: *Beta vulgaris* L.; stress; tonoplast; fatty acids; lead ions

© Спиридонова Е.В., Капустина И.С., Озолина Н.В., Гурина В.В., Семёнова Н.В., 2024

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ФЛАВОНОЛОВ В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*BETULA PENDULA* ROTH) В УСЛОВИЯХ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Тагирова О.В.^{1*}, Иванов Р.С.¹, Кулагин А.Ю.¹

¹Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук (УИБ УФИЦ РАН)

*olecyi@mail.ru

Известно, что флавоноиды вносят вклад в защиту растений и участвуют в обеспечении устойчивости к различным инфекциям и экстремальным условиям окружающей среды (Немерешина и др., 2011; Тараховский и др., 2013; Осипова, Петухова, 2014; Zhang et al., 2019; Wang, et al., 2022; и др.).

Определялось содержание флавонолов (индекс эпидермальных флавонолов – ИЭФ) в эпидермисе листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth) в течение вегетационного сезона (с июня по сентябрь) в 2022 г. на территории промышленной зоны (ПЗ) и на территории селитебно-рекреационной зоны (С-РЗ) Уфимского промышленного центра (с использованием портативного прибора «Dualex Scientific+» («Force-A», Франция), произведено 1882 измерений).

Среднее значение содержания флавонолов в листьях в течение вегетационного сезона на территории ПЗ составляет 1,185 ИЭФ, на территории С-РЗ – 1,073 ИЭФ.

В ПЗ максимальное значение флавонолов в листьях составляет 1,74 ИЭФ, минимальное значение 0,40 ИЭФ, стандартное отклонение - 0,267, ошибка среднего значения - 0,00862, коэффициент вариации - 22,53%.

В С-РЗ максимальное значение флавонолов в листьях составляет 1,93 ИЭФ, минимальное значение 0,80 ИЭФ, стандартное отклонение - 0,141, ошибка среднего значения -0,00466, коэффициент вариации- 13,18%.

Достоверность различий содержания флавонолов в листьях березы у сравниваемых групп в ПЗ и в С-РЗ была выявлена на протяжении всего вегетационного периода с июня по сентябрь ($P < 0,05^{****}$). t -критерий Стьюдента = 11,34, df - число степеней свободы 1880, различия между средними значениями составляет - 0,1124 \pm 0,009910, $R^2=0,06407$. Достоверность различий сравниваемых групп с помощью критерия Фишера выявлена на протяжении всего вегетационного периода с июня по сентябрь ($P < 0,05^{****}$), $F= 3,570$, $dfn = 959$, $dfd = 921$.

Установлена тенденция увеличения содержания флавонолов в листьях березы в течение вегетационного периода в условиях выраженного нефтехимического загрязнения, что является составляющей комплекса адаптивных реакций на техногенную трансформацию окружающей среды.

Ключевые слова: флавонолы; береза; промышленное загрязнение

SEASONAL DYNAMICS OF FLAVONOL CONTENT IN THE LEAVES OF THE BIRCH (*BETULA PENDULA* ROTH) IN CONDITIONS OF PETROCHEMICAL POLLUTION OF THE ENVIRONMENT

Tagirova O.V.^{1*}, Ivanov R.S.¹, Kulagin A.Yu.¹

¹Ufa Institute of Biology is a separate structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

Keywords: flavonol; birch; industrial pollution

© Тагирова О.В., Иванов Р.С., Кулагин А.Ю., 2024

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ СОВМЕЩНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СУПЕРАБСОРБИРУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ И РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ ДЛЯ РОСТА ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ

Тимергалин М.Д.*, Феоктистова А.В., Четвериков С.П.

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук
timermax@mail.ru

Суперабсорбирующие полимеры (САП) способны поглощать и удерживать большое количество воды, постепенно высвобождая ее по мере необходимости. Это представляет собой важное свойство для повышения эффективности выращивания растений в сельском хозяйстве. САП удерживают влагу и обеспечивают доступ к воде для растений, даже в засушливых условиях, являются носителем для удобрений, обеспечивая более равномерное и контролируемое поступление питательных веществ растениям. Также могут поглощать избыток солей и улучшать структуру почвы. Цель работы состояла в оценке перспективности совместного применения суперабсорбента и ростстимулирующих ризосферных бактерий для выращивания растений пшеницы в условиях почвенной засухи. Растения опрыскивали штаммом бактерий *Pseudomonas protegens* DA1.2, который продуцирует фитогормоны и повышает адаптивные свойства растений в условиях стресса, а в почвенную смесь вносили гранулы полиакрилата натрия. В наших экспериментах бактериальный штамм, способствовал снижению содержания малонового диальдегида (МДА) при совместном применении с САП, повышался уровень хлорофилла, отмечался ростстимулирующий эффект: увеличение длины, накопления массы побега и корня. Совместное использование препаратов оказывало более выраженное положительное действие, чем САП и бактерии по отдельности. Таким образом, открываются новые возможности для сохранения урожайности растений в неблагоприятных условиях.

Ключевые слова: водный дефицит; САП; бактерии стимулирующие рост растений

THE PROSPECTIVITY OF THE COMBINED USE OF SUPERABSORBENT POLYMERS AND RHIZOSPHERIC BACTERIA FOR WHEAT GROWTH IN CONDITIONS OF WATER DEFICIENCY

Timergalin M.D.*, Feoktistova A.V., Chetverikov S.P.

Ufa Institute of Biology of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
timermax@mail.ru

Keywords: water deficiency; SAP; plant growth-stimulating bacteria

© Тимергалин М.Д., Феоктистова А.В., Четвериков С.П., 2024

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШТАММОВ РИЗОСФЕРНЫХ БАКТЕРИЙ В ОТНОШЕНИИ РАСТЕНИЙ ЯЧМЕНЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ, ВЕГЕТАЦИОННЫХ И ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ

Ткаченко О.В.^{1*}, Беляева А.А.¹, Бурьгин Г.Л.^{1,2}, Евсеева Н.В.², Заводилкин Н.Д.¹

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

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

*oktkachenko@yandex.ru

Ячмень – важная пищевая и кормовая культура, занимающая 4 место в структуре севооборотов в Поволжье. Положительное влияние рост-стимулирующих ризобактерий на всхожесть и продуктивность злаков отмечается многими авторами. В то же время оказываемые эффекты в высокой степени зависят от генотипа микро- и макросимбионтов, а также от условий выращивания сельскохозяйственных культур. В данном исследовании изучено влияние 7 штаммов ризобактерий разных таксономических групп в комплексном исследовании в модельных и естественных условиях.

Объектами исследований служили штаммы ризобактерий *Azospirillum baldaniorum* Sp245, *A. brasilense* Sp7, SR80, SR88, Cd, *Ochrobactrum cytisi* IPA7.2 и *Enterobacter ludwigii* K7, полученные из коллекции ризосферных микроорганизмов ИБФРМ РАН (<http://collection.ibppm.ru>). Исследования проводились на посевах ярового двурядного ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Маргрет на темно-каштановой почве Левобережья Саратовской области, на песке в вегетационных сосудах в условиях оранжереи и на 10-ти суточных проростках на воде в условиях термостата. Семена инокулировали перед посевом суспензиями бактерий, содержащими 10⁸ кл/мл. Оценивали всхожесть, формирование ассимиляционной поверхности, содержание фотосинтетических пигментов в листьях, прирост биомассы по фазам вегетации, чистую продуктивность фотосинтеза и семенную продуктивность растений.

Установлено, что в модельных и естественных условиях азоспириллы (*A. brasilense* SR80, SR88 и Cd) оказывали наибольшее положительное влияние на содержание фотосинтетических пигментов, особенно хлорофилла *b*, в листьях ярового ячменя. Максимальным положительным эффектом на формирование ассимиляционного аппарата, продуктивность фотосинтеза и урожай семян обладали штаммы *A. brasilense* SR88, *O. cytisi* IPA7.2 и *E. ludwigii* K7. В перспективе это позволит комбинировать штаммы для создания полиагентных биопрепаратов для применения в условиях засушливого богарного земледелия.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., ризобактерии, ассимиляционная поверхность, продуктивность фотосинтеза

EFFICIENCY OF RHIZOSPHERE BACTERIA STRAINS AGAINST BARLEY PLANTS IN LABORATORY, VEGETATION AND FIELD EXPERIMENTS

Tkachenko O.V.¹, Belyaeva A.A.¹, Burygin G.L.^{1,2}, Evseeva N.V.², Zavidilkin N.D.¹

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

²Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Saratov, Russia

Keywords: *Hordeum vulgare* L., rhizobacteria, assimilation surface, photosynthetic productivity

© Ткаченко О.В., Беляева А.А., Бурьгин Г.Л., Евсеева Н.В., Заводилкин Н.Д., 2024

ВЛИЯНИЕ КИСЛОЙ ПОЧВЫ НА ПИГМЕНТНЫЙ АППАРАТ *HORDEUM VULGARE L.*

Токарева Е.А., Заякина А.Э.

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Проблема адаптации растений к кислой реакции почвенной среды связаны с усилением агрогенной и техногенной деятельности человека. Выявление особенностей адаптации растений к кислой корневой среде полезна для повышения урожайности на кислых почвах. Цель исследования – изучить изменение содержания хлорофилла а, b и каротиноидов в листьях *Hordeum vulgare L.* на 7 и 10 сутки при выращивании на кислой почве. Объект исследования – *Hordeum vulgare L.*, сорт «Родник Прикамья».

Кислая природная почва имела рН – 4,6; для контрольного варианта производили нейтрализацию рН до 6,6 посредством внесения СаСО₃ (2 г / 400 г почвы).

Высота и масса надземной части исследуемых растений на 7-е сутки была незначительно выше на кислой почве, масса растений в оба срока измерений была не значительно ниже контроля. Увеличение морфометрических показателей в первый срок измерений, вероятно обусловлено кислым ростом.

Суммарное содержание хлорофиллов а и b в листьях ячменя на 7 сутки не отличалось от контрольных значений, на 10 стуки в опытном варианте отмечено низкое в сравнении с контролем суммарное содержание хлорофиллов а и b, что показывает угнетение пигментного аппарата растений при адаптации к кислой корневой среде, вероятно это вызвано нарушением поглощения корнями питательных элементов.

Ключевые слова: пигментный аппарат; кислая почва; адаптация; *Hordeum vulgare L.*

EFFECT OF ACIDIC SOIL ON THE PIGMENT APPARATUS OF *HORDEUM VULGARE L.*

Tokareva E.A., Zayakina A.E.

Perm State National Research University, Perm, Russia

Keywords: pigment apparatus; acid soil; adaptation; *Hordeum vulgare L.*

© Токарева Е.А., Заякина А.Э., 2024

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ФЛАГЕЛЛИНОВ БАКТЕРИЙ СЕМЕЙСТВА *AZOSPIRILLACEAE*, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ УСПЕШНОСТЬ КОЛОНИЗАЦИИ РАСТЕНИЙ

Фадеева Ю.В., Бурьгин Г.Л., Щеголев С.Ю., Матора Л.Ю.

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов, ФИЦ “Саратовский научный центр РАН”, Саратов, Россия

*Email: fadeeva-yuv@yandex.ru

Основным структурным белком бактериальных жгутиков, обеспечивающим направленное движение, является флагеллин. Известно, что для патогенных бактерий гликозилирование жгутиковых белков облегчает колонизацию организма-хозяина и способствует установлению растительно-микробной ассоциации. Для одного из представителей семейства *Azospirillaceae* (ассоциативные симбионты) – *A. brasilense* Sp7 – ранее было обнаружено наличие нескольких полисахаридных цепей в составе флагеллина полярного жгутика. В данной работе установлено, что флагеллины бактерий *A. baldaniorum*, *A. halopraeferens*, *A. thiophilum*, *A. oryzae*, *A. melinis*, *A. canadense*, *Niveispirillum irakense*, относящихся к семейству *Azospirillaceae*, имеют более высокую молекулярную массу по сравнению с флагеллинами других бактерий, а также относительно значений, теоретически рассчитанных по аминокислотным последовательностям белков. Окраска молекул флагеллина исследуемых штаммов показала присутствие в их составе углеводных компонентов.

Исследована корреляция между особенностями структур сайтов связывания флагеллинов (flg22 и flgII-28) бактерий семейства *Azospirillaceae* с растительными рецепторами и слабой активацией реакций фитоиммунитета. Во фрагментах типа flg22 для флагеллинов 16 представителей семейства *Azospirillaceae* из пяти аминокислотных остатков, участвующих во взаимодействии с растительным рецептором FLS2, присутствует только остаток Leu³³, что может обеспечить лишь слабое взаимодействие с рецептором.

С применением программного комплекса AlphaFold3 проведено моделирование взаимодействия растительного рецептора FLS2 с бактериальными флагеллинами, выступающими в роли молекулярного паттерна, и корецептором ВАК1, активирующим врожденный иммунный ответ растений. Лиганды флагеллинов патогенной (*Pseudomonas aeruginosa* ATCC700888) и фитопатогенной (*Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043) бактерий эффективно связываются с рецепторами FLS2 картофеля (*Solanum tuberosum* L.) и мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) с последующим взаимодействием с корецептором ВАК1, что предполагает запуск каскада реакций фитоиммунитета. Особенности аминокислотного состава flg22 *A. brasilense* Sp7 (в консервативных мотивах flg22 флагеллинов большинства PGPR остаток глицина в 18-й позиции заменен на остаток тирозина) оказывают существенное негативное влияние на образование комплекса FLS2+flg22 с корецептором ВАК1.

Ключевые слова: бактериальный флагеллин, гликозилирование, молекулярное моделирование, фитоиммунитет, растительно-микробные ассоциации

FEATURES OF THE STRUCTURE OF THE *AZOSPIRILLACEAE* FLAGELLINS, ENSURING THE SUCCESS OF PLANT COLONIZATION

Fadeeva Yu.V., Burygin G.L., Shchyogolev S.Yu., Matora L.Yu.

Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, FSC “Saratov Science Center RAS”, Saratov, Russia

Keywords: bacterial flagellin, glycosylation, molecular modeling, phytoimmunity, plant-microbial associations

© Фадеева Ю.В., Бурьгин Г.Л., Щеголев С.Ю., Матора Л.Ю., 2024

ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ПРОЯВЛЕНИЕ ИХ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ У МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ *HELIANTHUS ANNUUS L. 'POSEIDON 625'*)

Федорова Д.Г.*, Назарова Н.М., Гвоздикова А.М.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»

* DaryaOrlova24@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 опыт по изучению реакций проростков подсолнечника на действие широкого диапазона металлов (Cd, Pb) в условиях смоделированной засухи.

В сериях экспериментов исследовалось изменение водного режима опытных образцов. С увеличением действия стресс-факторов установлено достоверное (при $p < 0,05$) снижение оводненности проростков. Водоудерживающая способность уменьшалась в пределах от 4,53 до 0,51% для Pb, от 3,58 до 1,14% для Cd. Интенсивность транспирации при комбинированном стрессе (засуха+ТМ) имела максимальное снижение в диапазоне от 48,0 г/м²/ч до 23,15 г/м²/ч, при усредненном значении у контрольных образцов в 53,35 г/м²/ч.

Выявлены диапазоны изменчивости показателей фотосинтетической системы подсолнечника в виде уменьшения фотосинтезирующей поверхности листа (ПФП) и содержания фотопигментов (*Cl a*, *Cl b* и *Car*). Установлены пороговые концентрации металлов, на уровне которых отмечено резкое снижение концентрации пигментов: для Cd – 0,096 мг/кг, для Pb – 6,52 мг/кг. В вариантах опыта «Cd+засуха» показатели ПФП на 30,7 % ниже контрольных, в серии «Pb+засуха» эта разница чуть выше и равна 33,5%.

Продемонстрирована синхронная направленность работы низко- и высокомолекулярных антиоксидантов в ответ на ТМ. Перекисное окисление липидов по содержанию малонового диальдегида в биомассе проростков во всех сериях эксперимента увеличивалась пропорционально уровню воздействия стресса. Минимальные концентрации Cd в сочетании с засухой привели к снижению активности каталазы (КАТ) в 1,8 раз по сравнению с контролем. При более высоких значениях металла уровень КАТ нарастает на фоне снижения активности неферментативной АОС. Это свидетельствует об активации второй линии антиоксидантной защиты, представленной высокомолекулярными ферментами. Показана аналогичная тенденция при инкубировании растений в присутствии Pb. Однако концентрация полифенолов и Саг ниже, чем при аналогичных условиях с присутствием в субстрате Cd.

Установлено, что «металлический стресс» в комбинации с засухой является наиболее разрушительным с негативными последствиями в виде нарушения обмена веществ, ингибирование пигмент-белкового комплекса, ограничения эффективности использования метаболитов-антиоксидантов и дестабилизации окислительно-восстановительного баланса в сторону прооксидантов.

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

THE INFLUENCE OF DROUGHT ON THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS AND THE DESTRUCTION OF TOXIC ICE IN OILSEEDS

(Example, *HELIANTHUS ANNUUS L. POSEIDON 625*)

Fedorova D.G.*, Nazarova N.M., Gvozdikova A.M.¹

Orenburg State University

Keywords: drought, heavy metals, sunflower, arid climate

© Федорова Д.Г., Назарова Н.М., Гвоздикова А.М., 2024

ОСОБЕННОСТИ РЕДОКС-СИСТЕМЫ КАРТОФЕЛЯ С РАЗНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ АНТОЦИАНОВ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ СОСТАРИВАНИИ

Федяев В.В.*, Байгильдина Г.И., Гарипова М.И., Фархутдинов Р.Г.

Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

*E-mail: vadim.fedyayev@gmail.com

Антоцианы (АЦ) – водорастворимые пигменты растений группы флавоноидов, обладающие широким спектром функций в защите растений от стресса. Установлена положительная связь АЦ и активности альтернативной оксидазы (АО) у растений, принимающей участие в адаптации растений. АЦ обладают выраженной редокс-активностью и в большинстве публикаций описаны антиоксидантные свойства этих соединений. Тем не менее, роль АЦ в регуляции редокс-системы и дыхательного обмена растений требует дальнейших исследований.

При искусственном состаривании тонких срезов покоящихся органов растений, происходит синтез ферментов редокс-системы и компонентов дыхательной цепи митохондрий *de novo*, что делает состаренные срезы клубней удобными объектами исследований. В данной работе изучали клубни картофеля сорта All Blue, содержащего АЦ, и непигментированного сорта Удача, состаренные путем интенсивной оксигенации срезов.

Скорости суммарного дыхания состаренных дисков обоих сортов значимо не отличались. Однако способность АО у сорта All Blue была выше на 31%, а способность цитохромоксидазного пути ниже на 9% относительно сорта Удача. Срезы состаренных непигментированных клубней отличались более высокой чувствительностью к ротенону (ингибитору Комплекса I митохондриальной электрон-транспортной цепи), который снижал скорость потребления кислорода на 28% относительно контроля. У сорта All Blue снижение дыхания под влиянием ротенона составляло только 9%.

В срезах сорта All Blue отмечены более высокие скорость образования супероксид-аниона (на 39%) и содержание пероксида водорода (на 33%), по сравнению с сортом Удача. Также у АЦ-содержащего сорта обнаружена более высокая активность антиоксидантных ферментов: супероксиддисмутазы (на 14%), каталазы (на 24%) и гваяколпероксидазы (на 25%), относительно неокрашенного сорта.

Обнаружено стимулирующее влияние состаривания тканей на синтез АЦ у сорта All Blue, у которого содержание пигментов возрастало на 39% по сравнению со свежими срезами.

Предположено, что более высокая активность редокс-системы и путей дыхания, связанных с устойчивостью к стрессу, у сорта All Blue может быть объяснена свойствами антоциановых пигментов, которые могут проявлять прооксидантные свойства в условиях интенсивной оксигенации тканей картофеля в процессе искусственного состаривания

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, антоцианы, дыхание, редокс-система клетки

PECULIARITIES OF THE REDOX SYSTEM OF POTATO TUBERS WITH DIFFERENT ANTHOCYANIN CONTENT UNDER ARTIFICIAL AGING CONDITIONS

Fedyayev V.V.*, Baigildina G.I., Garipova M.I., Farkhutdinov R.G.

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

Key words: *Solanum tuberosum*, anthocyanins, respiration, cell redox system

© Федяев В.В., Байгильдина Г.И., Гарипова М.И., Фархутдинов Р.Г., 2024

ВЛИЯНИЕ ШТАММА БАКТЕРИЙ *ENTEROBACTER LUDWIGII* BLK НА УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗНЫХ СОРТОВ ПШЕНИЦЫ К ЗАСУХЕ

Феоктистова А.В., Тимергалин М.Д., Четвериков С.П.

Уфимский Институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, пр. Октября, 69, Россия

* feoktistova.arisha@yandex.ru

Цель исследования – оценка эффективности использования штамма ауксинпродуцирующих ризосферных бактерий *Enterobacter ludwigii* BLK для обработки контрастных по засухоустойчивости сортов пшеницы в условиях засухи. Работа выполнена в лабораторных условиях на растениях мягкой яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). В предварительных экспериментах по оценке относительной засухоустойчивости растений методом проращивания семян в растворе с повышенным осмотическим давлением были отобраны 2 сорта пшеницы Кинельская (засухоустойчивый сорт) и Екатерина (менее устойчивый). Пшеницу выращивали на светоплощадке в сосудах с почвой по 5 растений в каждом и в 6-кратной повторности. Обработку растений проводили путем опрыскивания суспензией бактерий *Enterobacter ludwigii* BLK (титр 10^8 КОЕ/мл). Засуху создавали сокращением полива до 30 % от полной влагоемкости почвы, контроль – на уровне 60 %. Количество абсцизовой кислоты (АБК) и ауксинов (ИУК) в растительных тканях и относительное содержание воды (ОСВ) определяли на третьи сутки после опрыскивания растений, а ростовые параметры – через 2 недели. Обработка штаммом бактерий контрастных по засухоустойчивости сортов пшеницы в условиях дефицита почвенной влаги оказывала разное влияние на рост растений, а именно стимулировала рост неустойчивого сорта Екатерина и подавляла – устойчивого Кинельская. В условиях засухи ОСВ в побегах растений пшеницы снижалось на 25 %, а обработка растений штаммом бактерий повышала величину этого показателя до уровня контроля только у засухоустойчивого сорта. При засухе бактериальная обработка растений сорта Кинельская увеличивала ауксин в корнях и снижала в побегах, а гормональная реакция растений сорта Екатерина отличалась от реакции растений сорта Кинельская. Бактерии на фоне засухи у растений сорта Екатерина увеличивали ауксин в побегах и снижали – в корнях. В условиях засухи бактериальная обработка приводила к накоплению АБК в корнях растений сорта Кинельская, но не влияла на ее уровень в побегах растений этого сорта. При бактериальной обработке растений сорта Екатерина уровень АБК при засухе возрастал в побегах и снижался в корнях. Очевидно, бактериальная обработка индуцировала разные механизмы, регулирующие метаболизм гормонов в растениях разных генотипов. Для решения поставленной нами задачи важно то, что один и тот же штамм бактерий оказывал разное, фактически противоположное влияние на рост растений, стимулируя рост неустойчивого к засухе сорта и подавляя рост – устойчивого в условиях дефицита почвенной влаги.

Ключевые слова: *Enterobacter ludwigii* BLK; *Triticum aestivum* L., АБК; засуха; ИУК

Исследование выполнено в рамках Гос. задания Минобрнауки России № 075-03-2021-607 по теме № 122031000309-7.

EFFECT OF THE BACTERIAL STRAIN *ENTEROBACTER LUDWIGII* BLK ON THE DROUGHT RESISTANCE OF DIFFERENT WHEAT VARIETIES

Feoktistova A.V., Timergalin M.D., Chetverikov S.P.

Ufa Institute of Biology, Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Oktyabrya Ave., 69, Ufa, Russia

Keywords: ABA; drought; *Enterobacter ludwigii* BLK; IAA; *Triticum aestivum* L

© Феоктистова А.В., Тимергалин М.Д., Четвериков С.П., 2024

ИЗУЧЕНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ *TILIA CORDATA* MILL. С ПРИМЕНЕНИЕМ ISSR-МАРКЕРОВ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Хисамова Р.Р.^{1*}, Мусин Х.Г.², Фархутдинов Р.Г.¹, Кулуев Б.Р.².

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», Уфа, Россия

² Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, Россия

* r.hisamova@mail.ru

Анализ полиморфизма в популяциях с применением молекулярно-генетических методов исследования ДНК представляет собой ключевой инструмент для оценки особенностей генетической изменчивости в популяциях растений липы. Генетическая дифференциация *T. cordata* исследовалась на основе анализа полиморфизма ДНК с использованием маркеров Inter Simple Sequence Repeats (ISSR). Для извлечения ДНК из гербарных образцов применялся модифицированный вариант классического метода СТАВ, специально адаптированный для липы. Для анализа ISSR-ПЦР использовалась стандартная методика. Фракционирование выделенной тотальной ДНК и оценка размера ампликонов после ПЦР проводилась с помощью 0,8% агарозного геля в буфере 1xTAE. Филогенетическое дерево, полученное в программе Treecop, подтвердило ожидаемую генетическую связь и различия, связанные с географическими ареалами обитания липы мелколистной. Результаты этих исследований позволят в дальнейшем выделить популяции липы мелколистной, обладающие стабильным и высоким нектаропродуктивным потенциалом, и использовать их в лесовосстановительных мероприятиях.

Ключевые слова: медоносные ресурсы, генетический полиморфизм, *Tilia cordata*, СТАВ-метод

RESEARCH OF POPULATIONS OF SMALL-LEAVED LINDEN *TILIA CORDATA* MILL. USING ISSR-MARKERS IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Khislamova R.R.¹, Musin Kh.G.², Farkhutdinov R.G.¹, Kuluev B.R.²

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ufa University of Science and Technology», Ufa, Russia

² Institute of Biochemistry and Genetics - Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: honey resources, genetic polymorphism, *Tilia cordata*, STAB method

© Хисамова Р.Р., Мусин Х.Г., Фархутдинов Р.Г., Кулуев Б.Р., 2024

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ БЕЛКА TROLС *NICOTIANA TABACUM* И ЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СВЯЗЬ С ДРУГИМИ БЕЛКАМИ

Цветкова А.Д.^{1*}, Швец Д.Ю.^{2,3}, Мусин Х.Г.², Кулуев Б.Р.^{1,2}

¹ Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

² Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимский федеральный исследовательский центр, Уфа, Россия

³ Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

* mustafinaa2001@mail.ru

Ген *trolC* является растительным гомологом онкогена *rolC* *Agrobacterium rhizogenes*, попавшего в геном *Nicotiana tabacum*, вероятнее всего, в результате горизонтального переноса генов. На сегодняшний день известно о множестве фенотипических проявлений работы белков RolC и tRolC, однако их биохимические функции до сих пор остаются не до конца выясненными. Целью исследования явилось компьютерное моделирование структуры белка tRolC и определение его функциональной связи с другими белками, о функциях которых могло иметься больше информации. Помимо структуры tRolC, также была предсказана структура белка RolC *A. rhizogenes*. Было выяснено, что данные белки имеют сходную топологию, одинаковые по аминокислотному составу сайты связывания лиганда и активные центры, что позволяет применять последующее описание tRolC и к бактериальному белку RolC. Для компьютерного моделирования белка был использован сервис I-TASSER. Было выяснено, что главным трединг-шаблоном для tRolC является белок 6b *Agrobacterium vitis*, обладающий АДФ-рибозилтрансферазной активностью. Кроме того, несмотря на отсутствие видимой гомологии в аминокислотных последовательностях, белок 6b является наиболее близким для tRolC белком с известной структурой. Другими структурно близкими белками для tRolC являются бактериальные экзотоксины с АДФ-рибозилтрансферазной активностью и поли(АДФ-рибоза)-полимеразы человека (PARP). Известно о некоторых схожих фенотипических проявлениях генов *trolC*, *rolC* и *6b*. К ним относятся хлороз листьев, накопление крахмала, рост изолированных корней на средах с низким содержанием сахарозы, сахарозозависимое расширение листовых дисков. Исходя из этого, справедливо предполагать, что белки tRolC, RolC и 6b выполняют схожие биологические функции. У белка tRolC было выявлено наличие аминокислотных остатков активного центра и сайта связывания, сходных по структуре с белком 6b. Также были выявлены предположительные белок-связывающая и ARTT-петли. На основе полученных данных, высказана гипотеза о наличии у белка tRolC АДФ-рибозилтрансферазной активности, позволяющей ему влиять на рост и устойчивость растений к стрессам, а также на биосинтез вторичных метаболитов посредством воздействия на регуляцию экспрессии генов через взаимодействие с факторами транскрипции, компонентами РНК-интерференции или проявление гистоноподобной активности.

Ключевые слова: *Agrobacterium rhizogenes*; *rolC*; белок 6b; АДФ-рибозилтрансфераза; компьютерное моделирование

MODELING OF STRUCTURE OF THE TROLС PROTEIN OF *NICOTIANA TABACUM* AND ITS FUNCTIONAL RELATION TO OTHER PROTEINS

Tsvetkova A.D.¹, Shvets D.Yu.^{2,3}, Musin Kh.G.², Kuluev B.R.^{1,2}

¹ Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

² Institute of Biochemistry and Genetics – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

³ Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

Keywords: *Agrobacterium rhizogenes*; *rolC*; protein 6b; ADP-ribosyltransferase; computer modeling

© Цветкова А.Д., Швец Д.Ю., Мусин Х.Г., Кулуев Б.Р., 2024

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАСТЕНИЙ С ПРОДУКТАМИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ 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), 410049 Саратов, проспект Энтузиастов, 13, Россия

² ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» (ФГБОУ ВО Вавиловский университет), 410012 Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4, Россия

* tsivileva_o@ibppm.ru

Изучение разнообразия биологически активных веществ, продуцируемых высшими грибами - базидиомицетами, актуально в связи с разработкой новых биопрепаратов на основе внеклеточных грибных метаболитов. Эти соединения могли бы составить значительную часть природных регуляторов роста растений. Однако потенциально значительный вклад исследования лекарственных макромицетов в расширение спектра и повышение эффективности использования фитостимуляторов не соответствует состоянию изученности вопроса. Исследования биостимуляторов на основе ксилотрофных базидиомицетов представлены единичными публикациями. В данной работе выделены биополимерные препараты из монокультур ксилотрофных макромицетов и их бинарных культур с ростостимулирующими бактериями, выявлено положительное действие на физиолого-морфологические и биохимические показатели растений пшеницы и картофеля.

Исследование ответных реакций растений на действие внеклеточных грибных метаболитов проводили на системах «биопрепарат-пшеница». В качестве изучаемого растения был взят один из самых распространенных сортов сильной яровой пшеницы на Юго-Востоке – Саратовская 29 (*Triticum aestivum* L.). Анализ экспериментальных данных позволил констатировать, что ответная реакция растений, проявляющаяся в положительных изменениях морфофизиологических параметров проростков, а также показателей, характеризующих функционирование антиоксидантной системы растения, наиболее выражена в случае воздействия препаратов на основе *Flammulina velutipes*, *Ganoderma colossus*, *G. neojaponicum*, *Grifola umbellata*, *Laetiporus sulphureus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus* и *Tomophagus cattienensis*. При изучении ответных реакций растений картофеля на действие препаратов микробиологического происхождения показано положительное влияние изучаемых метаболитов, установленное в большинстве вариантов опыта; длина побега увеличивалась на 16-42%, количество узлов на побеге возрастало на 16-75%. Увеличение массы побегов и корней под действием биополимеров из бинарных культур *F. velutipes* и *G. lucidum* с бактериями может косвенно означать лучшую способность к адаптации растений к условиям *ex vitro*. Полученные результаты дают основание рекомендовать биополимерные препараты из грибных и бактериально-грибных культур базидиомицетов в качестве средства, стимулирующего рост и развитие растений пшеницы и картофеля.

Ключевые слова: высшие грибы; ксилотрофные базидиомицеты; погруженное культивирование; биосинтез; фитостимулирующая активность

PLANTS INTERACTION WITH THE MEDICINAL MUSHROOM'S CULTURE PRODUCTS

Tsivileva O.M.¹, Shatenikov 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, (IBPPM RAS), Saratov410049, Russia

² Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov 410012, Russia

Keywords: higher fungi; xylotrophic basidiomycetes; submerged culture; biosynthesis; phytostimulating activity

© Цивилева О.М., Шатерников А.Н., Евсеева Н.В., Ткаченко О.В., 2024

НАНОКОМПОЗИТЫ ХИТОЗАНА С СЕРЕБРОМ – ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРЕПАРАТЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ К ФИТОФТОРОЗУ

Черепанова Е.А.^{1*}, Яруллина Л.Г.¹, Заикина Е.А.¹, Сорокань А.В.¹, Бурханова Г.Ф.¹, Марданшин И.С.², Фаткуллин И.Я., Калацкая Ж.Н.³, К.С. Гилевская⁴

¹Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

²Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, Уфа, Россия

³Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, Минск, 220072 Республика Беларусь

⁴Институт химии новых материалов НАН Беларуси, 220141 Минск, Беларусь

* k_cherepanova@mail.ru

Изучено влияние наноконкомпозитов хитозан-серебро (ХитAg) на урожайность и устойчивость растений картофеля к *Phytophthora infestans*. Исследования проводили на растениях, выращенных из безвирусных мини клубней картофеля сорта Удача. Растения обрабатывали наноконкомпозитами на основе серебросодержащего хитозана с массовым соотношением хитозан-Ag 100:1 (ХитAg I) и с массовым соотношением хитозан-Ag 50:1 (ХитAg II) в разведениях 1:50 и 1:100. При анализе в растениях содержания пероксида водорода, пролина, активности каталазы и пероксидазы было продемонстрировано отсутствие стрессового воздействия исследуемых препаратов. На изолированных листьях было показано, что через 5 суток после инфицирования площадь развития симптомов фитофтороза в контроле достигала 95-100% от всей листовой пластинки, у предобработанных конъюгатом ХитAg I в разведении 1:50 она составляла около 40%, ХитAg II (разведение 1:100) снижал проявление симптомов фитофтороза на листьях растений до 60-65%. У предобработанных ХитAg растений урожайность выше, чем в контроле на 15 % , при этом увеличивался вес клубней и содержание в них сухого вещества, крахмала и белка - ключевых показателей питательной ценности картофеля. Полученные данные позволяют предположить, что наноконкомпозиты хитозана с серебром являются перспективными препаратами для сельского хозяйства, которые требуют дальнейшего изучения для успешного применения в растениеводстве.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-16-00139.

Ключевые слова: картофель, *Phytophthora infestans*, наноконкомпозиты хитозана, устойчивость, урожайность

NANOCOMPOSITES FROM CHITOSAN WITH SILVER – PROMISING PREPARATIONS FOR INCREASING THE RESISTANCE OF POTATO PLANTS TO LATE BLIGHT

Cherepanova E.A.^{1*}, Yarullina L.G.¹, Zaikina E.A.¹, Sorokan A.V.¹, Burkhanova G. F.¹, Mardanshin I.S.², Fatkullin I.Y.¹, Kalatskaja J. N.³, Hileuskaya K.S.⁴

¹ Institute of Biochemistry and Genetics – Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

² Bashkir Research Institute of Agriculture – a separate structural subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

³ V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus

⁴ Institute of Chemistry of New Materials, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus.

Key words: potato; resistance; late blight; productivity

© Черепанова Е.А., Яруллина Л.Г., Заикина Е.А., Сорокань А.В., Бурханова Г.Ф., Марданшин И.С., Фаткуллин И.Я., Калацкая Ж.Н., К.С. Гилевская, 2024

РОСТ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ *NICOTIANA TABACUM* L. С КОНСТИТУТИВНОЙ ЭКСПРЕССИЕЙ ФРАГМЕНТА ГЕНА *TROL*C В АНТИСМЫСЛОВОЙ ОРИЕНТАЦИИ

Швец Д.Ю.^{1,3*}, Мустафина А.Д.², Мусин Х.Г.¹, Кулуев Б.Р.^{1,2}

¹ Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

² Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

³ Башкирский государственный медицинский университет, Уфа, Россия

*E-mail: shvetsdasha99@yandex.ru

Наиболее изученным растительным гомологом онкогена *rolC* *Agrobacterium rhizogenes* – является ген *trolC* *Nicotiana tabacum* L., который, в результате горизонтального переноса генов попал в геном и эволюционно закрепился в ряду поколений. Известно, что *trolC*, как и его агробактериальный предшественник, консервативен, экспрессируется в молодых тканях и, вероятно, участвует в регуляции роста и стрессоустойчивости. Ранее нами были созданы трансгенные растения табака, экспрессирующие фрагмент гена *trolC* в антисмысловой ориентации под контролем 35S CaMV промотора. Целью исследования было проведение морфофизиологического анализа трансгенных растений табака с пониженной экспрессией гена *trolC* при нормальных условиях и при действии стрессовых факторов, а также определение содержания кадмия в корнях и листьях при кадмиевом стрессе. В качестве материала использовали 4 линии трансгенных растений табака сорта Petit Havana с пониженной экспрессией *trolC*, а в качестве контроля – нетрансгенные растения табака сорта Petit Havana линии SR1. Двадцатидневные трансгенные проростки, выращенные на селективной среде Мурасиге-Скуга, пересаживали в вегетационные сосуды с универсальным почвенным грунтом, а затем использовали для оценки ростовых параметров в период цветения, при воздействии засоления, засухи и холода. Содержание кадмия в корнях и листьях, предварительно обработанных раствором 100 мкМ CdAc, определяли методом инверсионной полярографии. В результате морфометрического анализа трансгенных растений с конститутивной экспрессией фрагмента гена *trolC* в антисмысловой ориентации при нормальных условиях обнаружено снижение площади и длины листьев, а также сырой и сухой массы надземной части. В условиях низких положительных температур трансгенные растения табака с пониженной экспрессией *trolC* характеризовались меньшей продуктивностью по сравнению с контролем, а в условиях засухи и засоления морфометрические параметры достоверно не различались. Анализ содержания кадмия продемонстрировал, что снижение уровня экспрессии *trolC* способствует повышенному накоплению Cd²⁺ в листьях по сравнению с контролем. Полученные результаты говорят о перспективности использования гена *trolC* для создания новых сортов и линий растений с повышенной продуктивностью, как при нормальных условиях, так и при холодном стрессе.

Ключевые слова: *Nicotiana tabacum*; *trolC*; *rol*-гены; *Agrobacterium rhizogenes*; стрессоустойчивость

GROWTH AND STRESS TOLERANCE OF *NICOTIANA TABACUM* L. PLANTS WITH CONSTITUTIVE EXPRESSION OF THE *TROL*C GENE FRAGMENT IN ANTISENSE ORIENTATION

Shvets D.Yu.^{1,3*}, Mustafina A.D.², Musin Kh.G.¹, 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

³ Bashkir State Medical University, Ufa, Russia

Key words: *Nicotiana tabacum*; *trolC*; *rol*-genes; *Agrobacterium rhizogenes*; stress tolerance

© Швец Д.Ю., Мустафина А.Д., Мусин Х.Г., Кулуев Б.Р., 2024

ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИЙ СТРЕСС И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Шибаета Т.Г.*, Титов А.Ф.

ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Институт биологии

* shibaeva@krc.karelia.ru

Изучение реакции растений на искусственное освещение в последние годы привело к появлению в литературе понятия фотопериодического стресса (photoperiod stress). Показано, что внезапные изменения фотопериода, в частности, его удлинение на несколько часов, могут вызывать окислительный стресс у растений, адаптированных к короткому дню. Сила стресса при этом зависит от длительности светового периода и значительное его удлинение может быть вредным (дистресс), а непродолжительное, наоборот, может иметь положительный эффект (эустресс). Принципиально, что изучение реакции растений на фотопериодический стресс имеет не только теоретическое значение, но и большое практическое значение, так как в связи с быстрым развитием технологии светодиодного освещения у фермеров значительно расширились возможности управления световым фактором. Помимо подбора оптимальной освещенности и спектрального состава света, изучаются возможности манипулирования длительностью фотопериода и применения аномальных свето-темновых циклов для использования энергии в «непиковые часы» с целью повышения энергоэффективности производств. Актуальность этих исследований очевидна, так как при возможности контролировать и управлять всеми основными факторами внешней среды в закрытых системах, наиболее важными и перспективными в плане повышения энергоэффективности производства считаются манипуляции со световым фактором, потому что именно с ним связаны основные затраты на энергопотребление.

В докладе будет представлен обзор световых режимов, предлагаемых для повышения энергоэффективного производства растительной продукции, основанного на повышении урожайности и/или пищевой ценности растений при сокращении энергозатрат: длинные фотопериоды (включая круглосуточное освещение) при пониженной фотосинтетической плотности потока фотонов; изменение режима освещенности в конце продукционного цикла (в течение нескольких дней перед сбором урожая); аномальные (укороченные или удлиненные свето-темновые циклы (отличающиеся от 24 ч цикла); синусоидальное изменение освещенности в течение светового периода вместо режима квадратной волны (включения и выключения света). Кроме того, в докладе будут отражены последние достижения в изучении механизмов устойчивости растений к фотопериодическому стрессу и приведены аргументы в пользу точки зрения, рассматривающей легкий фотопериодический стресс как фактор, открывающий дополнительные возможности для повышения эффективности производства растительной продукции.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект 23-16-00160).

Ключевые слова: фотопериод; свето-темновые циклы; продуктивность; энергоэффективность

PHOTOPERIODIC STRESS AND NEW LIGHT RECIPES TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF PLANT PRODUCTION

Shibaeva T.G., Titov A.F.

Institute of Biology, Karelian Research Center, Russian Academy of Sciences

Keywords: photoperiod; light/dark cycles; productivity; energy use efficiency

© Шибаета Т.Г., Титов А.Ф., 2024

РЕГУЛЯЦИЯ АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ ПРИРОДНЫМИ ФЕНОЛЬНЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ

Шпирная И.А.^{1*}, Ситкин К.М.², Федяев В.В.¹, Марданшин И.С.³

¹ ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия

² ФГБОУ ВО Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр РАН, Уфа, Россия

*i-shia@yandex.ru

Флавоноиды – класс растительных полифенолов, которые представлены значительным разнообразием структурных форм. Являются химически активными соединениями: проявляют выраженные антиоксидантные свойства, связываются с углеводами, могут хелатировать ионы металлов, образуя флавоноидные металлокомплексы и др.

Известно, что фенольные соединения могут взаимодействовать с различными белками, в том числе с ферментами. Флавоноиды проявляют ингибирующую активность в отношении различных гидролаз, топоизомераз, СУР (450) и других ферментов.

Целью данной работы является определение уровня ингибирования трипсина коммерческими препаратами кверцетина, рутина и экстрактивными флавоноидами растений картофеля (*Solanum tuberosum* L.).

Были использованы вегетативные безвирусные растения картофеля сортов – Танго и Башкирский, образцы растений были получены в Башкирском НИИ сельского хозяйства УФИЦ РАН.

Показано, что растворы кверцетина и рутина ингибируют протеолитическую активность трипсина. Наиболее эффективно ингибирует трипсин - кверцетин. Степень ингибирования пропорциональна концентрации препарата.

Определение суммарного содержания флавоноидов в листьях и корнях вегетативных растений картофеля выявило зависимость от типа тканей и сорта.

Экстракты флавоноидов из листьев исследованных сортов проявляют трипсинингибирующую активность, уровень которой положительно коррелирует с содержанием флавоноидов в тканях листьев картофеля.

Ключевые слова: флавоноиды; ферменты; картофель; ингибиторы трипсина

REGULATION OF ENZYME ACTIVITY WITH NATURALLY OCCURING PHENOLIC COMPOUNDS

Shpirnaya I.A.¹, Sitkin K.M.², Fedyaev V.V.¹, Mardanshin I.S.³

¹ Ufa University of Science and Technology, Ufa City, Russia

² Lomonosov Moscow State University, Moscow City, Russia

³ Ufa Federal Research Center, Russian Academy of Sciences, Ufa City, Russia

Keywords: flavonoids; enzymes; potato; trypsin inhibitors

© Шпирная И.А., Ситкин К.М., Федяев В.В., Марданшин И.С., 2024

ТРАНСФОРМАЦИЯ ХИТОЗАНА *FUSARIUM OXYSPORUM*

Щербакова Е.В.^{1*}, Чернова Д.С.², Бабичева Т.С.², Позднякова Н.Н.¹, Шиповская А.Б.²

¹Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия

²Институт химии Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия

*e-mail: elizaveta-sch@mail.ru

Широкое применение хитозана и материалов на его основе неизбежно приведет к проблеме накопления отходов и разработке методов их утилизации. Перспективными объектами для разработки подобных методов являются грибы, обладающие способностью к активной деградации и трансформации широкого ряда природных и синтетических полимеров. В наших исследованиях показана способность аскомицета *Fusarium oxysporum* использовать пленки хитозана со средневязкостной молекулярной массой $\bar{M}_n = 200, 460$ и 700 кДа в качестве единственного источника углерода и энергии. Гриб активно обрастал пленки; методом СЭМ зафиксированы множественные дефекты в морфоструктуре образцов, показывающие рост грибного мицелия не только на поверхности, но и в толще пленок. Элементным анализом выявлено уменьшение количества азота, что может свидетельствовать о включении хитозана в метаболизм гриба. Утилизация пленок грибом сопровождалась продукцией двух внеклеточных ферментов (гидролазы и пероксидазы), а также эмульгирующих веществ в течение всего времени культивирования. При этом продукция ферментов и эмульгирующих веществ зависела от молекулярной массы пленок. Наиболее благоприятной средой явился хитозан с молекулярной массой 200 кДа. Увеличение концентрации внеклеточного белка с увеличением массы использованных пленок и коррелирующее с увеличением эмульгирующей активности (E_{48}) может быть косвенным подтверждением белковой природы выявленного биосурфактанта. Установлено, что после роста *F. oxysporum* значительно снижается растворимость хитозана в Na-ацетатном буфере – классической растворяющей среде. Изменения ИК-спектров свидетельствуют о химической трансформации полимера, а рентгеновских дифрактограмм – увеличении степени кристалличности, что объяснило снижение растворимости. Обнаруженные закономерности свидетельствуют о специфичном механизме биodeградации аминополисахарида исследуемым грибом. Полученные данные вносят вклад в понимание процессов самоочищения природных экосистем от искусственных и синтетических полимеров и могут быть использованы для разработки экологических биотехнологий.

Ключевые слова: хитозан; трансформация; *Fusarium oxysporum*; ферменты

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-16-00172, <https://rscf.ru/project/24-16-00172/>.

TRANSFORMATION OF CHITOSAN BY *FUSARIUM OXYSPORUM*

Shcherbakova E.V.^{1*}, Chernova D.S.², Babicheva T.S.², Pozdnyakova N.N.¹, Shipovskaya A.B.²

¹Institute of Biochemistry and Physiology of Plants and Microorganisms, Saratov Scientific Center, Russian Academy of Sciences (IBPPM RAS), Saratov, Russia

² Institute of Chemistry, Chernyshevsky Saratov National Research State University, Saratov, Russia

Key words: chitosan; transformation; *Fusarium oxysporum*; enzymes

The study was supported by the grant of the Russian Science Foundation No. 24-16-00172, <https://rscf.ru/project/24-16-00172/>.

© Щербакова Е.В., Чернова Д.С., Бабичева Т.С., Позднякова Н.Н., Шиповская А.Б., 2024

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЕКЦИИ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В ПЕРИОД 2013-2023 ГГ.

Юлдашев Р.А.^{1*}, Авальбаев А.М.¹, Аллагулова Ч.Р.¹, Галимова А.А.¹, Сулейманов А.Ф.², Исмагилов И.Р.³

¹Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН, Уфа, Россия

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

³Башкирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УФИЦ РАН, Уфа, Россия

*yuldashevra@gmail.com

По информации Федеральной службы государственной статистики период с 2013 по 2023 годы совокупная посевная площадь Российской Федерации увеличилась с 77562 до 81445 тысяч га. При этом около трети всех посевных площадей в указанный период засевалось мягкой пшеницей. Это свидетельствует о том, что мягкая пшеница является главной сельскохозяйственной культурой России. При этом, надо отметить, что наша страна в полной мере обеспечена собственным посевным материалом. По состоянию на 2023 год в Российской Федерации допущено к использованию 320 сортов яровой и 404 сорта озимой мягкой пшеницы, из которых более 90% принадлежит к сортам отечественной селекции.

Между тем, ежегодно ФГБУ «Россельхозцентр» публикует рейтинги 10 сортов (гибридов) лидеров сельскохозяйственных культур по объемам высева в РФ. При анализе этих данных выяснилось, что ежегодно 20-тью сортами-лидерами яровой и озимой мягкой пшеницы засеваются около 40% всей площади отведенной в нашей стране под эту культуру. При этом в период с 2013 по 2023 годы в списках сортов-лидеров фигурировали всего лишь 22 сорта яровой и 19 сортов озимой мягкой пшеницы. Некоторые сорта, такие как Ирень, Дарья, Омская 36, Гром и Таня попадали в рейтинги ФГБУ «Россельхозцентр» ежегодно на протяжении всего рассматриваемого периода. Это свидетельствует о том, что данные сорта, являются лучшими образцами селекции мягкой пшеницы. Однако, столь долгое их нахождение в списках лидеров вынуждает нас констатировать, что новые удачные сорта, которые должны были бы прийти к ним на смену выводятся в России недостаточно часто.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о невысокой эффективности селекционного процесса мягкой пшеницы в Российской Федерации в последнее десятилетие. Одной из причин этого является недостаточное использование приемов маркер-ориентированной селекции, что связано, в том числе, и с отсутствием четкого понимания каким набором генетических маркеров, связанных с хозяйственно-ценными признаками мягкой пшеницы должен обладать вновь создаваемый сорт. Это диктует необходимость тщательного изучения генетических характеристик сортов-лидеров мягкой пшеницы, в первую очередь, в контексте адаптации к агроклиматическим условиям их зон возделывания.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-26-00246, <https://rscf.ru/project/23-26-00246/>

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L.; эффективность селекции; сорта-лидеры

EFFICIENCY OF BREAD WHEAT BREEDING IN RUSSIAN FEDERATION IN THE PERIOD 2013-2023

Yuldashev R.A.^{1*}, Avalbaev A.M.¹, Allagulova Ch.R.¹, Galimova A.A.¹, Ismagilov I.R.²

¹Institute of Biochemistry and Genetics—Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

²Bashkir Research Institute of Agriculture—Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Keywords: *Triticum aestivum* L.; breeding efficiency; cultivar leaders

© Юлдашев Р.А., Авальбаев А.М., Аллагулова Ч.Р., Галимова А.А., Сулейманов А.Ф., Исмагилов И.Р., 2024

ДИНАМИКА УРОВНЕЙ ШАПЕРОНОВ HSP70 ЦИТОПЛАЗМЫ И HSP70B ХЛОРОПЛАСТОВ ПРИ ТЕПЛОВОМ СТРЕССЕ ОТЛИЧАЕТСЯ У ГЕНОТИПОВ ТЫКВЫ С РАЗНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К СТРЕССАМ

Юрина Н.П.*, Э.П. Постникова Э.П.

Институт биохимии им. А.Н. Баха, Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, Москва, 119071, Россия

*e-mail: nyurina@inbi.ras.ru

Первая линия защиты клеток, подвергшихся воздействию стрессовых условий, представлена шаперонной системой. Шапероны обнаружены в клетках всех про- и эукариотических организмов и оказывают влияние на другие системы клетки. Полифункциональные HSP шапероны оказывают как регуляторное действие на процессы роста и развития растений, так и защитное действие, препятствуя агрегации и денатурации белков при окислительном стрессе. Показана жизненно важная роль шаперонов HSP70 в реакциях как на абиотические, так и на биотические стрессы. В настоящей работе изучено действие теплового стресса ($t=38\text{ }^{\circ}\text{C}$, в течение 2 ч) на уровни шаперонов HSP70 цитоплазмы и HSP70B хлоропластов трех видов тыквы (*Cucurbita moschata* Duchesne, сорт Витаминная; *Cucurbita pepo* L., сорт Кустовая оранжевая; *Cucurbita maxima* Duchesne, сорт Мраморная), различающихся по устойчивости к стрессам. Установлена взаимосвязь между уровнями шаперонов HSP70 цитоплазмы и HSP70B хлоропластов и видовой принадлежностью растений тыквы в условиях теплового стресса. При стрессе отмечено значительное повышение уровня шаперонов в клетках растений тыквы *C. maxima* – уровень HSP70 цитоплазмы возрос в 3.6 раза, а уровень HSP70B хлоропластов – в 2 раза. Тепловой стресс вызывал увеличение в 1.7 раза уровень цитоплазматического шаперона HSP70 в клетках растений тыквы *C. pepo*, а значимого изменения уровня белка HSP70B отмечено не было. Однако в результате действия теплового стресса на растения тыквы *C. moschata* выявлено уменьшение уровней HSP70 и HSP70B по сравнению с уровнем у необработанных растений. Динамика изменения уровней шаперонов цитоплазмы и хлоропластов при действии теплового стресса аналогичная. Следует отметить, что конститутивный уровень HSP70 и HSP70B у *C. moschata* и *C. pepo* более высокий по сравнению с *C. maxima*. Анализ полученных данных выявил интересную закономерность: высокие конститутивные уровни HSP приводят к незначительной индукции HSP и наоборот – низкий конститутивный уровень этих белков коррелирует с высокой индукцией этих белков после действия теплового стресса. Основываясь на полученных нами результатах и имеющихся в литературе данных можно заключить, что два белка HSP70 цитоплазмы и белок HSP70B хлоропластов *Cucurbita* могут играть двойную роль как индикаторы величины стресса, вызванного тепловым стрессом, так и маркеры толерантности растений. Это согласуется с гипотезой о ключевой функции семейства белков HSP70 в реакциях растений на стрессовые условия. Полученные данные важны для понимания механизмов устойчивости растений к стрессам и представляют интерес для практических целей.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (Грант № 23 24 00486).

Ключевые слова: *Cucurbita* sp., белки теплового шока, тепловой стресс, HSP70

THE DYNAMICS OF THE LEVELS OF CYTOPLASMIC HSP70 AND CHLOROPLAST HSP70B CHAPERONES UNDER HEAT STRESS DIFFERS IN PUMPKIN GENOTYPES WITH DIFFERENT TOLERANCE TO STRESS

Yurina N.P., Postnikova E.P.

A.N. Bach Institute of Biochemistry, Federal Research Center “Fundamentals of Biotechnology” of the Russian Academy of Sciences. Moscow, 119071 Russia

Key words: *Cucurbita* sp., heat shock proteins, heat stress, HSP70

© Юрина Н.П., Э.П. Постникова Э.П., 2024

ВВЕДЕНИЕ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* *ECHIMUM PLANTAGINEUM* L. ДЛЯ АГРОБАКТЕРИАЛЬНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ *AGROBACTERIUM RHIZOGENES*

Якупова А.Б.^{1*}, Глушихина Е.И.², Ишбаева А.Р.¹, Кулуев Б.Р.¹

¹ Уфимский университет науки и технологий (Ufa University of Science and Technology)

² Оренбургский государственный медицинский университет (The Orenburg State Medical University)

*alfiram@yandex.ru

Синяк подорожниковый (*Echium plantagineum* L.) обладает антиоксидантным, антидиабетическим, антидепрессивным, противовоспалительным, антибактериальным, антивирусным, антитромботическим и противоопухолевым свойствами, стимулирует заживление ран (1, 2, 4). Наличие выше перечисленных свойств обусловлено содержанием флавоноидов, нафтохинонов (шиконин и его производные - β, β -диметилакрилшиконин, ацетилшиконин, деоксишиконин, изобутирилшиконин и прочие), непредельных высших жирных кислот, пирролизидиновых алкалоидов (Дайронас Ж.В., Зилфикаров И.Н., 2011, Shao Zhen-Jun etc., 2012, Yi-ying Wu etc., 2012). Шиконин и его производные также могут оказаться полезными в защите клеток от болезни Альцгеймера, индуцированных $A\beta_{25-35}$, в ингибировании дифференцировки адипоцитов и снижении экспрессии адипогенных факторов транскрипции в клетках 3T3-L1, а также ингибировании биосинтеза простагландинов (Wu Wang etc., 2022). Сбор природного растительного материала *E. plantagineum* сопряжен с рядом проблем: возможность сбора материала только в летний сезон, зависимость накопления биологически активных веществ от погодных условий. Поэтому исследования, направленные на получение культур *in vitro* этого растения, остаются актуальными. Одним из перспективных направлений в биотехнологии растений является создание культур волосовидных корней (*hairy roots*), которые можно использовать в качестве продуцентов различных вторичных метаболитов (Кулуев и др., 2015). Целью нашей работы было введение в культуру *in vitro* растений *E. plantagineum* путем стерилизации семян и инокуляция эксплантов этого растения *A. rhizogenes* для получения культур волосовидных корней. Были использованы различные методы стерилизации семян (с применением гипохлорита натрия 10%, химическая скарификация (H_2SO_4), стратификация). Были определены наиболее подходящие методы стерилизации для проращивания семян *in vitro* и получения стерильных эксплантов синяка для последующей агробактериальной трансформации.

Ключевые слова: культуры волосовидных корней; генетически трансформированные корни; *Agrobacterium rhizogenes*; hairy roots; *Echium plantagineum*

INTRODUCTION TO *IN VITRO* CULTURE OF *ECHIMUM PLANTAGINEUM* L. FOR THE *AGROBACTERIUM RHIZOGENES* TRANSFORMATION

Iakupova A.B.¹, Glushihina E.I.², Ishbaeva A.R.¹, Kuluev B.R.³

¹ Ufa University of Science and Technology

² Orenburg State Medical University

Keywords: hairy roots; genetically transformed roots; *Agrobacterium rhizogenes*; *Echium plantagineum*

© Якупова А.Б., Глушихина Е.И., Ишбаева А.Р., Кулуев Б.Р., 2024

МЕХАНИЗМЫ ПОВЫШЕНИЯ АНТИВИРУСНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КАРТОФЕЛЯ КОМПЛЕКСОМ КОНЬЮГАТОВ ХИТОЗАНА С КОФЕЙНОЙ КИСЛОТОЙ И БАКТЕРИЯМИ *BACILLUS SUBTILIS* ПРИ ЗАСУХЕ

Яруллина Л.Г.^{1*}, Калацкая Ж.Н.², Еловская Н.А.², Бурханова Г.Ф.³, Рыбинская Е.И.², Заикина Е.А.¹, Цветков В.О.³, Черепанова Е.А.¹, Гилевская К.С.⁴, Николайчук В.В.⁴

¹ Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук

² Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси

³ Уфимский университет науки и технологий

⁴ Институт химии новых материалов НАН Беларуси

* yarullina@bk.ru

Вирусные заболевания картофеля являются одной из основных проблем, вызывающих ухудшение качества клубней и потерю урожая. Рост и развитие растений картофеля во многом зависят от влажности почвы. Стратегии профилактики требуют комплексной защиты от патогенов и абиотических стрессов, включая моделирование полезного микробиома агроэкосистем, объединяющего микроорганизмы и иммуностимуляторы. Хитозан и его производные имеют большой потенциал для использования в агротехнике из-за их способности вызывать иммунные ответы растений.

Исследовали влияние конъюгата хитозана с кофейной кислотой (ХКК) отдельно и в смеси с *Bacillus subtilis* 47 на формирование защитных реакций растений при инфицировании Y-вирусом картофеля (YVK) при оптимальном увлажнении и водном дефиците. Выявлено накопление пролина и фенольных соединений, активация полифенолоксидазы при обработке ХКК и смесью ХКК + *B. subtilis* 47 здоровых растений картофеля при нормальной влажности. Обработка ХКК снижала уровень инфицирования YVK в любых условиях. Обработка *B. subtilis* 47 + Хит-КК была эффективна только при водном дефиците.

Механизмы повышения устойчивости растений к YVK и недостатку влаги были связаны с повышением содержания пероксида водорода и пролина, активацией пероксидазы и усилением транскрипции генов PR-белков: основного защитного белка (PR-1), хитиназы (PR-3), тауматин-подобного белка (PR-5), ингибитора протеазы (PR-6), пероксидазы (PR-9) и рибонуклеазы (PR-10). Выявленная активация экспрессии маркерных генов системной приобретенной устойчивости (PR-1) и индуцированной системной устойчивости (PR-6) при совместной обработке *B. subtilis* 47 и ХКК свидетельствует о синергическом формировании устойчивости к вирусу в условиях засухи, что позволяет говорить о перспективности использования конъюгатов хитозана с оксикоричными кислотами в сочетании с бактериями *B. subtilis* для повышения устойчивости растений к биотическим и абиотическим стрессам.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-16-00139.

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*; *Bacillus subtilis*; хитозан

MECHANISMS OF INCREASING THE ANTIVIRAL RESISTANCE OF POTATOES BY A COMPLEX OF CHITOSAN CONJUGATES WITH CAFFEIC ACID AND *BACILLUS SUBTILIS* BACTERIA IN DROUGHT

Yarullina L.G.^{1*}, Kalatskaja J.N.², Yaloukaya N.A.², Burkhanova G.F.³, Rybinskaya E.I.², Zaikina E.A.¹, Tsvetkov V.O.³, Cherepanova E.A.¹, Hileuskaya K.S.⁴, Nikolaichuk V.V.⁴

¹ Institute of Biochemistry and Genetics – a separate structural unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences

² V.F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus

³ Ufa University of Science and Technology

⁴ Institute of Chemistry of New Materials of the National Academy of Sciences of Belarus

Key words: *Solanum tuberosum*; *Bacillus subtilis*; chitosan

© Яруллина Л.Г., Калацкая Ж.Н., Еловская Н.А., Бурханова Г.Ф., Рыбинская Е.И., Заикина Е.А., Цветков В.О., Черепанова Е.А., Гилевская К.С., Николайчук В.В., 2024

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ФИЗИОЛОГИИ, БИОХИМИИ
И БИОТЕХНОЛОГИИ РАСТЕНИЙ**

Тезисы докладов

*IV Всероссийской научной конференции
с международным участием,
посвященной памяти профессора С.Ю. Веселова*

(г. Уфа, 17 – 18 октября 2024 г.)

Электронное издание сетевого доступа

*За достоверность информации, изложенной в статьях,
ответственность несут авторы.*

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано к использованию 18.11.2024 г.
Гарнитура «Times New Roman». Объем 1,90 Мб.
Заказ 164.

*ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»
450008, Башкортостан, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 12.*

Тел.: +7-908-35-05-007
e-mail: ric-bdu@yandex.ru