Регуляция роста, развития и продуктивности растений

Материалы X Международной научной конференции

23-25 октября 2024 года

Минск, Беларусь

Государственное научное учреждение
Институт экспериментальной ботаники
им. В.Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси

РЕГУЛЯЦИЯ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ

Материалы X Международной научной конференции,
г. Минск, 23-25 октября 2024 года

Минск
УП «ИВЦ Минфина»
2024

УДК 581.1
ББК 41
Р32

Научный редактор:
академик НАН Беларуси *Н.А. Ламан*

Редакционная коллегия:
член-корреспондент, доктор биологических наук, профессор *В.В. Демидчик*,
кандидат биологических наук, доцент *Ж.Н. Калацкая*,
Н.А. Еловская

Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы X Международной научной конференции, г. Минск, 23-25 октября 2024 года / Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси. – Минск: ИВЦ Минфина, 2024. – 139 с.
ISBN 978-985-880-511-1.

Изложены материалы по актуальным проблемам регуляции роста, развития, продуктивности и устойчивости растений, обсужденные с участием ученых Беларуси, России, Узбекистана, Азербайджана и Китая.

На молекулярном, клеточном, организменном и ценотическом уровнях рассмотрены имеющие важное научное и практическое значение вопросы обоснования путей максимальной реализации потенциала растительного организма в формировании хозяйственно ценной части урожая, устойчивости к неблагоприятным факторам среды.

Для физиологов и биохимиков растений, специалистов в различных областях экспериментальной ботаники и экологии.

УДК 581.1
ББК 41

ISBN 978-985-880-511-1

© Государственное научное учреждение
Институт экспериментальной ботаники
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, 2024
© Оформление. УП «ИВЦ Минфина», 2024

НАУЧНАЯ

ПРОГРАММА

КОНФЕРЕНЦИИ:

СЕКЦИЯ 1: РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ, ФИТОЦЕНОЗОВ И ИСКУССТВЕННЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ.

СЕКЦИЯ 2: ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ У РАСТЕНИЙ И ИХ РЕГУЛЯЦИЯ, СЕНСОРНЫЕ И СИГНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КЛЕТОК ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ.

СЕКЦИЯ 3: СТРЕСС И АДАПТАЦИЯ У РАСТЕНИЙ, ПОВЫШЕНИЕ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, НАНО- И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

Ламан Николай Афанасьевич – *академик НАН Беларуси, д.б.н., профессор*

Состав:

Демидчик Вадим Викторович – *чл.-корр., д.б.н., профессор (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Иванов Олег Александрович – *к.б.н. (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Кабашникова Людмила Федоровна – *чл.-корр., д.б.н., доцент (Институт биофизи и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск)*

Калацкая Жанна Николаевна – *к.б.н., доцент (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Кузнецов Владимир Васильевич – *чл.-корр. РАН, д.б.н., профессор (ИФР РАН, Москва)*

Медведев Сергей Семенович – *д.б.н., профессор (СПбГУ, Санкт-Петербург)*

Прохоров Валерий Николаевич – *чл.-корр., д.б.н., процессор (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Рассадина Валентина Вацлавовна – *к.б.н., заместитель академика-секретаря отделения биологических наук НАН Беларуси*

Решетников Владимир Николаевич – *академик НАН Беларуси, д.б.н., профессор (Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск)*

Смоликова Галина Николаевна – *к.б.н., доцент (СПбГУ, Санкт-Петербург)*

Титок Владимир Владимирович – *чл.-корр., д.б.н. (Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск)*

Хрипач Владимир Александрович – *академик НАН Беларуси, д.х.н., профессор (Институт биоорганической химии НАН Беларуси, Минск)*

Секретариат:

Величко Н.И. – *мл. науч. сотр. (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Гегеня Д.В. – *мл. науч. сотр. (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Еловская Н.А. – *науч. сотр. (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Овчинников И.А. – *науч. сотр. (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Рыбинская Е.И. – *науч. сотр. (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Фролова Т.В. – *науч. сотр. (Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Техническая группа оргкомитета:

Бабич Е.М. – зав. отделом научной и инновационной работы *(Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Бурко Н.В. – зав. отделом бухгалтерского учета и планирования *(Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Коледа Е.Г. – зав. сектором снабжения и закупок *(Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Феоктистова Н.Ю. – зав. складом *(Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

Феоктистова Т.М. – вед. бухгалтер *(Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск)*

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЛИСТОВОЙ КАПУСТЫ В ОПЫТНОМ ОБРАЗЦЕ КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕИ «ВИТАЦИКЛ-Т»

Беркович Ю.А., Смолянина С.О., Беляк А.М.
ФГБУН Институт медико-биологических проблем РАН, г. Москва, 123007, Хорошевское шоссе, 76А, Россия, *e-mail: berkovich@imbp.ru*

В ГНЦ РФ ИМБП РАН была разработана конвейерная цилиндрическая космическая оранжерея «Витацикл-Т» для выращивания листовых овощей в условиях невесомости. Объектом культивирования являются посевы листовых овощных культур, относящихся к ботаническим родам Brassica, Lactuca, и т.п. В 2022 г. был спроектирован и изготовлен опытный образец оранжереи. В цилиндрическом вегетационном модуле (ВМ) установлен блок из шести цилиндрических корневых модулей (КМ) таким образом, что они вместе составляют выпуклую посадочную поверхность. Каждый КМ имеет вид цилиндрического валика из ионитного войлока, намотанного на сборку из перфорированной поливной трубки и пористой титановой трубки, служащей датчиком-тензиометром. К трубкам подсоединены гидромагистрали. Снаружи КМ покрыт светонепроницаемым чехлом. В продольные щели валика вставляются посадочные планки с семенами растений. Осветительный блок (ОБ) состоит из 12 светодиодных модулей (СМ) с красно-белым излучением. СМ распределены по внутренней поверхности цилиндрического кожуха ВМ и освещают разновозрастные посевы растений, расположенные в КМ, при плотности потока фотонов 420 мкмоль/(м^{2}с). Суммарная освещаемая площадь посевов в ВМ составляет 0,4 м^2, а его объём – 0,08 м^3. Максимальная мощность электропотребления «Витацикла-Т» составляет (870 ± 10) Вт. Блок управления и регулирования осуществляет подачу воды в каждый из шести КМ по сигналу тензиометров с помощью перистальтических насосов. Концентрация солей в поливной воде поддерживается с помощью регулятора, работающего по сигналу обратной связи от датчика электропроводности. При снижении электропроводности воды насос подает дозу раствора с медленно действующими удобрениями, повышающими электропроводность. ВМ снабжён системой очистки воздушной среды растений с помощью приточно-вытяжной вентиляции и фотокаталитического фильтра загрязнений. Режим работы оранжереи круглосуточный и непрерывный. Средняя суточная производительность оранжереи с капустой китайской составила около 84 г по сырой биомассе, что достаточно для удовлетворения потребностей одного члена экипажа в витаминах С и А. Процесс выращивания растений по принципу ротационного конвейера позволил снизить среднесуточные трудозатраты экипажа, которые не превышали 5,25 мин. Разработанная конвейерная оранжерея может быть полезна в пилотируемых космических кораблях и на обитаемых околопланетных орбитальных станциях.

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ – ОСНОВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ОРГАНИЗМА

Волотовский И.Д.
Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: volotovski@yahoo.com*

Растения находятся в состоянии постоянного взаимодействия с окружающей средой, с ее разнообразными, в том числе и экстремальными факторами, например, низкими и высокими температурами, недостаточным содержанием влаги, фото- и ионизирующей радиацией и др. Растения растут в фиксированном состоянии и не могут изменить свою локализацию в пространстве как беспозвоночные и позвоночные животные. Для минимизации вредного воздействия факторов окружения в растениях в ходе эволюции возникли разнообразные рецепторные системы, способные реагировать на внешние стимулы с помощью различных внутриклеточных физических и биологических систем. Кроме того, внешние факторы выполняют часто регуляторную роль, настраивая внутри метаболические системы растительного организма на оптимальный режим работы. И главную регуляторную роль здесь играет свет. Данные системы работают по общему принципу. Стимул взаимодействует с мишенью (рецептурной молекулой). В результате указанного взаимодействия возникает сигнальное событие, проникающее внутрь клетки и распространяющееся во внутриклеточном пространстве в случае внешней локализации рецепторной молекулы. Ряд фоторецепторов, однако, расположен внутри цитоплазмы растительной клетки. Интересны несколько ключевых фоторегуляторных сигнальных систем, функционирующих в растительной клетке: фитохромная, криптохромная и фототропная. Наиболее хорошо изучена фитохромная система. Ей в основном и будет посвящено рассмотрение в докладе по следующей схеме: фоторецептьор фитохром, первичные фотофизические и фотохимические процессы в макромолекуле рецептора, принципы усиления первичного физического сигнала, полифункциональные эффекты фитохрома – многообразие мишеней, механизмы реализации сигнальных процессов в различные биологические эффекты на основе принципа дальнодействия. Рассматривается биологическая роль фитохромной системы растений, выполняющей ключевую регуляторную нагрузку в растении.

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

СИСТЕМЫ КАЛЬЦИЕВОЙ И РЕДОКС-СИГНАЛИЗАЦИИ ФОРМИРУЮТ ЕДИНЫЙ РЕГУЛЯТОРНЫЙ ЦЕНТР В КЛЕТКАХ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Демидчик В.В.[1]
[1]Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: demidchik@botany.by*

Клетки высших растений обладают исключительно высокой чувствительностью к окружающему миру. Кроме того, будучи частью многоклеточного организма, они должны координированно и специфично реагировать на внутренние факторы регуляции. За восприятие стимулов различной природы у растений отвечают несколько тысяч рецепторов и белков-эффекторов, специфично преобразующих информацию во внутриклеточные сигналы. В последние годы удалось приблизиться к понимаю работы сигнальных механизмов высших растений, понять особенности их организации и взаимосвязи. Было установлено, что особую роль в данных явлениях играют изменения в уровне цитоплазматической активности ионов кальция (Ca^{2+}) и генерация активных форм кислорода (АФК). Системы, опосредующие данные явления, активируются практически мгновенно в ответ на появление стимула. Некоторые из них непосредственно сопряжены с Ca^{2+}-проницаемыми ионными каналами и могут очень быстро кодировать информацию в форме мощных и разнообразных по форме флуктуаций цитоплазматического Ca^{2+}, воспринимаемых Ca^{2+}-сенсорами цитоплазмы. В то же время, практически любое внешнее воздействием, например, стрессовое или гормональное, индуцирует генерацию активных форм кислорода (АФК) в результате активации НАДФН-оксидаз – ферментов, локализованных в плазматической мембране. Этот процесс, также, как и Ca^{2+}-сигналы, развивается очень быстро и является первичным в процессах сигнализации в растительной клетке. Согласно выдвинутой нами гипотезе, Ca^{2+}-сигналы и генерация АФК взаимосвязаны и имеют общую («единую») природу. Так, АФК способны активировать повышение уровня Ca^{2+} в цитоплазме, а цитоплазматический Ca^{2+} в свою очередь может стимулировать важнейшую систему синтеза АФК – НАДФН-оксидазы (эффект на EF-локусы). В течение последних двух десятилетий нашей научной школой развивается концепция так-называемого АФК/Ca^{2+}-хаба – распределительного сигнального центра в плазматической мембране растительной клетки, который управляет разнообразными по силе и качеству внешними сигналами, усиливая их и координируя дальнейшие сигнальные превращения. Данный хаб несет ответственность за распознавание большинства физико-химических и гормональных сигналов, неспецифические и специфические стрессовые ответы, процессы роста, развития и полярности у высших растений. В представленной презентации детально рассматриваются компоненты АФК/Ca^{2+}-хаба, их структура, аспекты работы и функции в клеточной сигнализации и других физиологических процессах у высших растений.

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

УКСУСНАЯ КИСЛОТА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МОДУЛЯТОР СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ

Ламан Н.А.
ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси», г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: nikolai.laman@gmail.com*

Анализ последних публикаций показывает, что уксусная кислота (УК, ацетат) играет фундаментальную роль в обеспечении устойчивости растений к стрессу, обусловленному дефицитом воды, а также, как оказалось, к солевому стрессу и аноксии. К примеру, статья «Новая ацетат-опосредованная стратегия выживания растений в условиях засухи», опубликованная в 2017 году. У нее 30 авторов из 18 научных лабораторий и центров Японии, включая такие из них, как лаборатория метаболической инженерии и растительных геномных сетей, интегративной геномики, специалисты из центра системной и синтетической биологии и другие. Эта коллаборация исследователей разных специальностей выполнила не только сложнейшие эксперименты, включая создание трансгенных модельных растений, но и сделала глубокий анализ регуляции такого сложного явления как стрессоустойчивость растений. Основной вывод, который обосновывается исследователями, состоит в том, что УК, являющаяся простым биохимическим соединением, играет важную роль в качестве исходного фактора, который мобилизует способность растений к выживанию, связывая фундаментальный метаболизм растительной клетки, эпигенетическую регуляцию (сайленсинг генов) и гормональную сигнализацию. Это в конечном итоге, как оказалось, обеспечивает засухоустойчивость, устойчивость к солевому стрессу и аноксии. Основываясь на полученных результатах и накопленных ранее знаниях, была предложена новая модель реакции растений на засуху (Toru Kudo et al., 2023), которая состоит из ранней и поздней фаз. Ранняя фаза – это период постепенного снижения содержания воды в почве, но растения еще способны поддерживать достаточный уровень оводненности клеток (умеренный стресс). В это время функционирует механизм засухоустойчивости на основе уксусной кислоты. Накапливающаяся УК встраивается в хроматин путем ацетилирования гистонов. Происходит эпигенетическая активация функциональных генов, в первую очередь синтеза жасмонатов. На этой стадии ключевую роль, например у арабидопсиса, играет фермент гистоновая деацетилаза 6, регуляторно связанный с активностью пируватдекарбоксилазы и альдегиддегидрогеназы, осуществляющих синтез уксусной кислоты из пировиноградной – конечного продукта гликолиза. На следующей стадии (в условиях жесткого стресса) происходит накопление осмолитов и активация АВА-зависимых и АВА-независимых генных сетей, предотвращающих снижение оводненности клеток, а также путем закрытия устьиц. Известно, что высокие концентрации УК токсичны для растений. Вместе с тем, в многочисленных экспериментах уже показано, что обработка УК способствовала выживанию в условиях стресса засухи растений кукурузы, риса, рапса, капусты, салата-латука и других. Многие авторы отмечают,

что с точки зрения универсальности, биостимуляторы на основе уксусной кислоты могут быть эффективны для широкого круга наземных растений, поскольку ключевые гены, обеспечивающие этот механизм, сохранились в процессе эволюции у мхов, грибов и растений (Kim et al., 2017; Utsumi et al., 2019). Понимание молекулярных механизмов быстрых реакций с.-х. культур в стрессовых условиях и способы управления этими реакциями является одной из наиболее важных задач, стоящих перед современным сельским хозяйством в условиях глобального изменения климата.

Несмотря на то, что экзогенное применение УК существенно повышало засухоустойчивость большого набора растений в многочисленных экспериментах цитируемых авторов, способы применения, дозы и концентрации УК, фазы развития растений, на которых обработка наиболее эффективна для повышения стрессоустойчивости, требуют широкой экспериментальной проверки. Нами, с учетом анализа имеющихся в литературе данных и накопленного в лаборатории опыта, обосновывается гипотеза, что на данном этапе наиболее эффективно применение УК в процессе предпосевной инкрустации семян. При этом пленкообразующий состав целесообразно готовить на основе поливинил-ацетата (ПВА), растворенного в органическом растворителе. ПВА в форме коллоида (лака) формирует очень прочную пленку, обладающую высокой адгезией и площадью растекания по поверхности семени. ПВА обладает низкой водопоглощающей способностью (всего 2 %), но не препятствует поглощению воды семенем при набухании и прорастании. В пленкообразующий состав добавляется УК в концентрации до 10 % по объему, а также другие компоненты, например, макро- и микроэлементы, пестициды для защиты формирующихся проростков от патогенов и вредителей, регуляторы роста и др. Поскольку пленкообразующий состав на основе органического растворителя не повышает влажности обрабатываемых семян, он может применяться в больших, чем 10 л/т семян объемах, как это принято по отношению к водным растворам пленкообразователей, а также многократно путём наслаивания на семена пленок с конкретными компонентами из набора, который включается в инкрустационный комплекс. Полученные в лаборатории экспериментальные данные на семенах ряда культур демонстрируют высокую эффективность и перспективность такого подхода. УК, включенная в пленкообразующий состав, выполняет роль эпигенетического праймера (затравки, в англоязычной терминологии), обеспечивая статус готовности всего генома растения до начала действия стрессовых факторов. Более подробно полученные результаты будут освещены в докладе.

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

КОСМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Медведев С.С.
Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., 7-9, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail: s.medvedev@spbu.ru*

Космическая биология — наука, изучающая возможности жизни в условиях космического пространства, а также принципы обеспечения жизнедеятельности членов экипажей космических кораблей и станций на других планетах. Но решение проблемы жизнеобеспечения человека в космосе невозможно без растений, которые являются источником не только пищи, но и кислорода. Поэтому в 21-м веке в биологии растений появилась новая область – космическая биология, фундаментальная задача которой состоит в изучении влияния на растения новых, необычных для них факторов, таких как микрогравитация, гипергравитация, радиация, измененный баланс кислорода и углекислого газа, повышенное содержание этилена. В нашей группе многие годы изучается роль гравитации в формировании и функционировании растений. В течение длительного периода эволюции наземные растения хорошо приспособились к гравитационным условиям Земли и используют вектор силы тяжести как ось, относительно которой строится и функционирует организм. Эффективным способом изучения роли гравитации в формировании и функционировании растений является рандомизации их положения относительно вектора гравитации при помощи устройств, которые способны вращать объект, изменяя не только скорость, но и направление вращения. Применение в условиях Земли устройств случайного позиционирования (random positioning machines) создает эффекты, сравнимые с эффектами микрогравитации в космосе. Рандомизация положения растений относительно вектора силы тяжести (клиностатирование) инициирует хаотичный, ориентированный в разные стороны проростков и глубокие метаболические изменения на уровне тканей и клеток. С использованием различных методических подходов (от морфофизиологического до «омиксного») мы изучаем реакцию и адаптацию растений к таким условиям. Модельными объектами являются *Arabidopsis thaliana* L. и *Brassica napus* L. Клиностатирование приводит к нарушению транспортной логистики клеток и функционирования клеточных инструментов полярности, таких как везикулярный транспорт PIN-белков, ионных каналов и переносчиков ионов Ca^{2+}, ROP-белков, элементов клеточной стенки. Модифицируются элементы цитоскелета и сети полимеров клеточной стенки, нарушается Ca^{2+} сигналинг и полярный транспорт ауксина. Все это является признаками развития т.н. «гравитационного» стресса. Однако при более длительном выращивании происходит адаптация. Растения приспосабливаются к непрерывному изменению своего положения и находят новые ориентиры для выстраивания осей полярности. Такими ориентирами могут быть градиенты освещения, влажности или минеральных веществ.

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИЗНАКОВЫХ КОЛЛЕКЦИЙ РАСТЕНИЙ – ПРОДУЦЕНТОВ БАВ ВТОРИЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА

Решетников В.Н., Спиридович Е.В.
ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», 220012, г. Минск, ул. Сурганова 2в, Беларусь, *e-mail: a.spirydovich@gmail.com*

Одной из основных целей ботанических садов является создание и поддержание коллекций живых растений в условиях *ex situ* и устойчивого использования растительных ресурсов в мире, что будет реализовано через 23 целевых задачи обновленной в 2023 г. Глобальной стратегии сохранения растений (ГССР). В отделе биохимии и биотехнологии растений ЦБС создана *in vitro* коллекция редких и эндемичных видов растений дикорастущей флоры стран СНГ на основе природных источников и существующих *in vitro* коллекций. Коллекция переназначена для сохранения биоразнообразия, реинтродукции и разработки подходов промышленного использования ценных лекарственных растений – продуцентов биологически активных веществ (БАВ). В настоящее время в состав этой коллекции входят образцы 46 видов из 34 родов 16 семейств покрытосеменных и споровых растений. Для пополнения коллекции регулярно осуществляются экспедиции по особо охраняемым природным территориям (ООПТ) Беларуси, проводится генетический мониторинг исследуемых популяций. В рамках международного обмена в коллекцию привлекаются образцы редких и охраняемых растений из коллекций асептических культур различных учреждений Российской Федерации и других стран СНГ. В асептическую коллекцию привлекаются редкие исторические сорта мировой и собственной селекции рода *Syringa* L., *Agastache* L., *Silybum* Adans. и др., которые наряду с эндемичными видами из коллекции ЦБС вовлечены в фитохимические исследования. В практике создания и поддержания и использования биотехнологических коллекций разрабатываются следующие направления: сохранение лекарственных генетических ресурсов путем формирования признаковых коллекций, криобанков и банков депонирования растительного материала *in vitro*; клональное микроразмножение растений (включая соматический эмбриогенез) для использования в селекционном процессе и производстве высококачественного посадочного материала; использование культуры растительных клеток и тканей как суперпродуцентов биологически активных веществ; биотехнологии промышленного получения природных фитопрепаратов различного назначения.

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

РОЛЬ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ В ИММУНИТЕТЕ РАСТЕНИЙ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рогожин Е.А.[1,2]
[1]Государственный научный центр Российской Федерации Институт биоорганической химии им. М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН, Москва, Россия
[2]Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург-Пушкин, Россия; *e-mail: rea21@list.ru*

Антимикробные пептиды (АМП) являются неотъемлемыми компонентами иммунного ответа растений на разнообразные стрессы, причем для генов большинства из них показана значительная индукция экспрессии в ответ на действие неблагоприятного фактора. Многие представители растительных АМП – это цистеин-стабилизированные компактные молекулы, обладающие повышенной стабильностью к действию повышенной температуры и протеолитических ферментов, что потенциально определяет их функционирование в относительно длительном временном диапазоне. Для многих представителей АМП растений показано наличие антифунгальной и антибактериальной активности в микромолярном диапазоне действующих концентраций, при этом наибольшая специфичность установлена именно для фитопатогенных видов, что подтверждает сохранение эволюционной потребности в подобных соединениях как универсальных молекулярных защитных инструментах. Последние исследования все больше свидетельствуют о том, что наибольшая эффективность АМП как защитных агентов достигается при их комплексном действии на патоген, то есть необходимо учитывать одновременно нескольких молекул, относящихся к различным структурным семействам. В этих случаях удается проследить положительную корреляцию между уровнями активности *in vitro* и на растении при экзогенном внесении АМП на фоне естественного или искусственного заражения. Это позволяет рассматривать АМП в качестве универсальных компонентах комплексного иммунного ответа растений в ответ на стресс, реализующегося одновременно путем нескольких молекулярных механизмов, дополняющих друг друга.

Работа поддержана проектом Российского научного фонда № 19-76-30005-П.

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

БИОЛОГИЯ СЕМЯН: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Смоликова Г.Н.
Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб., 7-9, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail: g.smolikova@spbu.ru*

Семя – специализированная структура, осуществляющая такие функции как размножение и распространение растений, поддержание жизнеспособности зародыша в покое, хранение запасных питательных веществ и питание проростка на начальных этапах развития. С фундаментальной точки зрения семена растений являются важным этапом жизненного цикла растений, поскольку хранят генетическую информацию, необходимую для сохранения вида. С прикладной точки зрения семена имеют важное значение, поскольку употребляются в пищу человека и на корм животным. Население планеты уже превышает 7 млрд., поэтому эффективное производство семян как надежного источника продовольствия становится все более важным, а улучшение посевных и пищевых качеств семян необходимы для обеспечения продовольственной безопасности. При этом фундаментальная задача науки о семенах – получать знания, которые могут быть трансформированы в новые технологии в семеноводстве. В настоящее время заметный прогресс в области биологии семян связан с методологией функциональной геномики. Постгеномные исследования, такие как анализ транскриптомов, протеомов и метаболомов, обеспечивают целостное понимание сложных процессов формирования, покоя и прорастания семян, позволяя выявлять метаболические изменения в ответ на изменения окружающей среды. Эта тенденция сохранится и в следующем десятилетии, особенно в свете создания функциональных геномных ресурсов сельскохозяйственных культур. Ожидается, что интеграция таких методологий и технологий приведет к появлению новых концепций и динамических моделей в биологии семеноводства. Однако, несмотря на достигнутый прогресс, биологам семян еще предстоит ответить на многие важные вопросы. В докладе будут освещаться результаты многолетних исследований научной группы «Физиология семян» кафедры физиологии и биохимии растений СПбГУ. С использованием системного подхода, включающего морфофизиологические, биофизические и биохимические методы, мы изучаем механизмы таких процессов как эмбриональный фотосинтез при формировании семян, устойчивость к длительному хранению у покоящихся семян и устойчивость к обезвоживанию при прорастании. Полученные нами данные позволяют выявлять новые маркеры, которые могут лечь в основу получения семян высокого качества, в том числе с использованием методов геномного редактирования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 20–16–00086-П.

ПЛЕНАРНЫЙ ДОКЛАД

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ЗАСУХИ В РЕШЕНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ БИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ

Фролов А.А.[1]
[1]Лаборатория аналитической биохимии и биотехнологии, Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева Российской академии наук
e-mail: afrolov0375@yandex.ru

В свете продолжающегося изменения климата засуха становится одним из ведущих факторов, влекущих к масштабным потерям урожая по всему миру. В первую очередь, эта проблема затрагивает наиболее широко возделываемые зерновые и зернобобовые культуры, которые также являются основным источником недорогих продуктов питания, в том числе для наиболее малообеспеченных слоев населения. В этой связи, обеспечение стабильного и устойчивого развития земледелия в аридных областях планеты является ключевой задачей сегодняшней сельскохозяйственной науки. Очевидно, что для этого необходимо создание новых засухоустойчивых сортов, широкое возделывание которых позволит решить эту проблему. Однако, для успешного решения этой задачи необходимо глубокое понимание механизмов, лежащих в основе устойчивости растений к действию засухи. В свою очередь, для успешной экспериментальной работы, нацеленной на выявление этих молекулярных механизмов, необходимы простые, надежные и хорошо воспроизводимые лабораторные модели. В зависимости от конкретных задач, в наиболее простом варианте, могут быть использованы модели осмотического стресса на основе жидких или твердых (например, агаровых) сред. Не смотря на ограниченную физиологическую адекватность этих моделей, они удобны в силу своей высокой воспроизводимости и надежности. С другой строны, модели, основанные на выращивании на твердых субстратах (вермикулит и почвы различной степени приближенности к реальным) позволяют более точно воспроизвести реальную физиологическую картину стресса и эфективно оценивать эффекты засухи, возникающие практически на любом этапе. Поэтому, нами была разработана линейка моделей засухи, опирающихся на различные условия выращивания и проведена их полноценная характеристик по широкой панели физиологических и биохимических маркеров. Все эти модели могут использоваться в контексте конкретных фундаментальных и прикладных практических задач.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с договором № 075-15-2022-322 от 22.04.2022 о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета Российской Федерации. Грант был предоставлен на государственную поддержку создания и развития Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего".

СЕКЦИЯ 1: РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ, ФИТОЦЕНОЗОВ И ИСКУССТВЕННЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ.

СЕКЦИЯ 2: ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ У РАСТЕНИЙ И ИХ РЕГУЛЯЦИЯ, СЕНСОРНЫЕ И СИГНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ КЛЕТОК ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ.

СЕКЦИЯ 3: СТРЕСС И АДАПТАЦИЯ У РАСТЕНИЙ, ПОВЫШЕНИЕ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, НАНО- И БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ.

ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОГО УРОВНЯ UV-B НА ФОТОРЕЦЕПТОРЫ И КОМПОНЕНТЫ СВЕТОВОГО СИГНАЛИНГА В РАЗВИТИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА К ПОВЫШЕННЫМ ДОЗАМ

Абрамова А.А.[1*], Верещагин М.В.[1], Креславский В.Д.[2], Пашковский П.П.[1]
[1]Институт физиологии растений им К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия
[2]Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, МО, Россия
[*]*e-mail: ann.kiedis2000@gmail.com*

Криптохром 1 (*CRY1*) является одним из ключевых регуляторов устойчивости фотосинтетического аппарата (ФА) к UV-B. Однако, важные компоненты светового сигналинга при воздействии UV-B изучены не в полном объеме. Одновременно, значимым механизмом регуляции метаболизма растений и являются дополнительные дозы UV-B. Для установления основных компонентов светового сигналинга, вляющих на устойчивость ФА, были изучены мутанты *A. thaliana bic1,2, hy5, cry1, hy1* и *spa*. *HY1* принимает участие в биосинтезе фитохромобилина, который необходим для функционирования фитохромов (PHY). CRY1 регулирует светозависимые ответы на синий и UV-A свет. HY5 регулирует экспрессию генов, которые ответственны за светозависимые процессы. BIC1 и BIC2 ингибируют активность CRY. SPA-белки взаимодействуют с *COP1,* управляя деградацией световых рецепторов и транскрипционных факторов в темноте. При свете PHY и CRY ингибируют комплекс *SPA-COP1,* что ведет к накоплению *HY5* и активации светозависимых генов. Мутант *hy5* демонстрировал контрастные результаты показателя Y(II), превышая значения дикого типа (ДТ) через 48 часов. У *bic1,2* наблюдались высокие показатели NPQ. Через 24 часа скорость фотосинтеза у ДТ сохранялась, а у мутанта *bic1,2* через 48 часов превосходила другие варианты. Фотосинтетическая активность *hy5* была практически на нуле, что указывает на его важную роль в адаптации растений к UV-B. Мутация *HY5* приводят к нарушениям фотосинтеза и светового сигналинга. В то же время мутанты *bic1,2* демонстрируют повышенную устойчивость к UV-B за счет усиления CRY-контролируемых процессов. Мы предполагаем, что PHY и CRY способствуют инактивации *UVR8*, повышая экспрессию *RUP1* и *RUP2*, стабилизируя *HY5* и способствуя экспрессии генов, обеспечивающих устойчивость к UV-B. Усиление активности CRY приводит к повышенной устойчивости ФА у мутантов *BIC1,2*. Также были изучены некоторые молекулярные механизмы передачи светового сигнала.

Исследование флуоресцентных параметров фотосинтеза выполнено при поддержке гранта РНФ (проект № 23-14-00266).

УПРОЩЕННЫЕ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В АНАЛИЗЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

Адамович Е.Д., Градов О.В.
ФИЦ ХФ РАН, РФ, Москва, ул. Косыгина, д. 4, *e-mail: neurobiophys@gmail.com*

Методы локальной фиксации потенциала (Patch-clamp) являются классическими источниками информации о взаимодействии клеток растений с внешней средой и межклеточных взаимодействиях *in vitro,* на модельных системах, а также *in situ*, с нативными мембранами. Физическая имплементация метода локальной фиксации потенциала на клетках растений, с одной стороны, сравнительно проста, поскольку, в отличие от клеток животных, размеры представляющих интерес клеток растений и получаемых из них протопластов больше десятков (иногда сотен) микрон. Это облегчает доступ к мембране. Однако, в силу наличия у растений полисахаридной клеточной стенки, необходимой стадией подготовки при работе на цельных клетках является обработка тканей смесью гидролитических ферментов, разлагающих полисахариды. Альтернатива "энзимохимическому" разложению - применение лазерной микрургии клеточной стенки, но это требует, помимо лазеров, средства фокусировки пучка, микроскопического позиционирования, варьирования освещённости образца (от уровней, неповреждающих клеточную стенку, до уровней необратимой лазерной абляции/каутеризации) в зонах с сечениями от субмикронных до декамикронных. Тем не менее, лазерная абляция тоже имеет недостатки, среди которых, например, разогрев раствора и невозможность работы с клетками, расположенными в глубине тканей. В связи с изложенным, часто легче провести исследования протопласта или отдельных внутриклеточных мембранных структур – таких как вакуоли, тонопласты, чем обеспечить точные измерения мембранного интегрального отклика растительных клеток в нативном (не альтерирующем биоструктуры и не смещающем передаточную функцию отклика системы) формате. Для биоэлектрохимических либо электробиофизических измерений, дающих информацию о развитии растений, оказалось возможным использовать не микролокализованные измерения на плазматической мембране (все методы локальной фиксации потенциала на мембране), а аддитивные (в сравнении с размерами ионных каналов и структур их локализации) электрохимические / биоэлектрохимические методики. Методы аддитивной внешней регистрации, по определению, не затрагивают контактного отклика клеток, но при их использовании анализ интегрального отклика (при некоторой экспозиции) может являться целью измерений. То есть: множественность источников сигнала как источник метрологических и интерпретационных проблем не ликвидируется как факт, а используется как преимущество из иного класса методов с ML-экстракцией форм сигналов. По сути, это изменение подхода к планированию экспериментов с переходом от анализа сигнала (DSP и ASP) к глубинному анализу данных (подходы KDD).

EFFECT OF SODIUM CHLORIDE ON PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WHEAT AND MAIZE GENOTYPES

Azizov I.V., Tagiyeva K.R.
Institute of Molecular Biology and Biotechnologies, Azerbaijan, Baku,
e-mail: biology19470508@gmail.com, ktag902@gmail.com

The objects of the research were wheat genotypes Gobustan, Mirbashir-128, Barakatli-95, Karabloakh, Qyrmyzygul, Sharq and their 4th generation hybrids Karabakh x Gobustan, Gobustan x Barakatli-95, Gobustan x Qyrmyzygul, Barakatli 95 x Gobustan, Gobustan. Wheat genotypes were planted under field experiment conditions in normal and saline (0,98 %) soil. The object of research was also corn Zagatala 420, Zagatala 514, Zagatala 68, Gurur varieties and first generation hybrids Zagatala 68 x Gurur genotypes. Maize seeds were germinated in Petri dishes and pots with soil using 150 and 200 mmol sodium chloride solutions under laboratory conditions. The composition of photosynthetic pigments and the activity of photosystem II were determined in two-week-old seedlings.The optical density of the solution of chlorophyll in alcohol was measured in SP-2000 spectrophotometer at 665, 649, 440 nm, and the amount of chlorophyll and carotenoids was determined. When studying salt resistance of hybrids and parental forms, differences were found in the amount of chlorophyll a and b, carotenoids, relative water, as well as photochemical activity of chloroplasts. The effect of salt on the amount of chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids, which are the main physiological indicators, is manifested differently in both hybrids and parental forms. Karabakh, Gobustan and Sharq parental forms were more tolerant in the amount of pigments under salinity conditions. Thus, a 10 % reduction in the amount of chlorophyll a and chlorophyll b pigments was observed in these parental genotypes under the influence of salt. However, the highest increase of carotenoids was 4-7 % in these varieties. This process can be attributed to the increased protective function of carotenoids under salt stress. The relative amount of water was higher in Karabakh and Gobustan varieties. Based on the amount of chlorophyll a and chlorophyll b, the hybrids, ♀Karabakh x ♂Gobustan, ♀Karabakh x ♂ Mirbashir-128, ♀Karabakh x ♂Shark were more resistant to salinity. An increase in the amount of carotenoids was also observed in these hybrids. The relative amount of water was more in ♀ Karabakh x ♂ Gobustan, ♀ Barakatli 95 x ♂ Gobustan, ♀ Karabakh x ♂ Shark hybrids. According to the activity of Photosystem II, parental forms, Karabakh, Gobustan and hybrids, ♀ Gobustan x Barakatli-95, ♀ Gobustan x ♂ Karabakh and ♀ Gobustan x ♂ Shark were more resistant to salt. At the concentration of 200 mmol of salt, Gurur and Zagatala 68 varieties and their hybrids were resistant to the effect of salt due to the amount of relative water, photosynthetic pigments and photochemical activity of chloroplasts.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ АНТИГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МОДЕЛЬНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ И ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Алексеева М.И.[1]*, Черныш М.А.[1], Демидчик В.В.[2]
[1]Белорусский государственный университет, пр-т. Независимости, 4, Минск, Беларусь, **e-mail: aliakseyeva_mi@mail.ru*
[2]Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь

Применение антигололедных реагентов в зимний период времени является одной из причин солевого стресса в городских условиях, который крайне негативно влияет на растения. Токсическое воздействие данных обработок связано с влиянием высоких уровней NaCl, что проявляется в подавлении важнейших физиологических процессов – от поглотительной функции корня до фотосинтеза и цветения. Общепризнанно, что ключевым механизмом влияния NaCl на растительную клетку является ионный дисбаланс, связанный с входом большого количества Na^+. Цель работы: анализ модификации ростовых параметров модельных видов высших растений в субстратах, изготовленных на основе проб снега, отобранных на разном расстоянии от автомобильных дорог после применения антигололедных обработок в г. Минске и Минском районе. В качестве модельных систем были использованы травянистое растение резуховидка Таля *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh., кустарник форзиция промежуточная *Forsythia intermedia* Zabel, а также представитель деревьев – береза повислая *Betula pendula* Roth. Ростовые тесты показали, что пробы, отобранные на расстоянии 1 и 5 м от обработанной дороги, полностью подавляли рост корней и побегов всех трех протестированных видов растений. Пробы, отобранные на расстоянии 25 м, снижали скорость роста побегов и корней форзиции на 34 % и 17 %, а на расстоянии 50 м – на 10 % и 9%, соответственно. Рост корней и побегов березы ингибировался пробами, отобранными с 25 м, на 31 % и 14 %, а с 50 м на 28 % и 11 %, соответственно. У *Arabidopsis thalian* пробы, отобранные на расстоянии 25 м от дороги, ингибировали рост корней и побегов приблизительно на 40 %, а на 50 м – на 30 %. Пробы, собранные с расстояния 100 м, не оказали ингибирующего воздействия на исследуемые виды. Элементный анализ проб показал, что концентрация Na^+ во всех образцах многократно превышала уровни K^+ и Ca^{2+}. На самом приближенном к трассе участке (1 м) она составила 344±28 мМ, на 5 м – 308,3±25 мМ, на 25 м – 30,5±10 мМ, на 50 м – 12±5 мМ и на наиболее удаленном (100 м) – 2,6±1,9 мМ (n = 10). Поскольку Ca^{2+} и K^+ не вызывают токсических эффектов у растений даже при очень высоких концентрациях, токсические эффекты антиголедных обработок вероятно связаны с Na^+. Согласно литературным данных эффекты Na^+ более токсичны, чем эффекты Cl^-, тем не менее, токсичность Cl^- не следует исключать, так как она ранее была описана для высших растений.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КОЛЛЕКЦИИ ИНСТИТУТА В СОЗДАНИИ НОВОГО СОРТА ХЛОПЧАТНИКА С-6590

Алимова З.М.
Научно-исследовательский институт селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка (НИИССАВХ), 111218, Республика Узбекистан, Ташкентская обл., Кибрайский р-н, ул. Университетская, *e-mail: ntm.zarina@gmail.com*

Узбекистан расположен на севере мирового хлопкового пояса. Его возделывание ограничено безморозным периодом, как правило с 1 ого апреля по 15 октября. Нижеуказанные факторы усугубляют возможность возделывания позднеспелых сортов хлопчатника в стране: - климатические условия нестабильны по годам; - поздняя весна и ранняя осень не позволяют в полной мере использовать потенциал позднеспелого сорта; - 60% площадей, отведённых под хлопчатник подвержены засолению; - нехватка воды для орошения в момент накопления урожая; - дующие горячие ветра на юге страны. Помимо вышесказанного, сорта хлопчатника, подвержены поражению *Verticillium dahliae Klebhan* и *Fusarium oxysporium.* При этом основная продукция, из-за которой возделывается хлопчатник, – волокно, вырабатываемое из хлопка-сырца. В связи с вышесказанным Узбекистан нуждается в современных и генетически новых сортах хлопчатника, с тем чтобы удовлетворились потребности производства и текстильной промышленности. Главным ресурсом в решении данной проблемы, как и во всём мире остаётся выведение генетически новых сортов с участием различных видов, подвидов, сортов, линий различного происхождения. В селекции нового сорта хлопчатника С-6590, переданного для государственных испытаний с 2024 года принимали участие при гибридизации Л-588, созданная путём гибридизации дикорастущих видов хлопчатника *G.arboreum* L. *x G.turberi*, а в создании отцовской формы принимал участие сорт Наманган-34, созданный путём гибридизации С-1973 х 02654* (*G.hirsutum* L., *ssp. punctatum*). Виды *G.arboreum* L. и *G.turberi* устойчивы к засухе, *ssp.punctatum - № 02654* к засухе и засолению и обладают тонким волокном. Сорт Наманган-34 районирован с 2010 года, отнесён к скороспелым с урожайностью 50 и более ц/га, выходом волокна 38-39 % и качеством волокна IV типа. Исходя из анализа результатов проведённых исследований следует сделать вывод: - изучение, выделение и использование селекционно-значимых коллекционных образцов института позволило своевременно создать ультраскороспелый, высокопродуктивный, обладающий комплексной устойчивостью к абиотическим факторам среды сорт хлопчатника С-6590.

**номер по каталогу НИИ селекции, семеноводства и агротехнологии выращивания хлопка (НИИССАВХ).*

ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ МЕТАБОЛИТОВ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ТКАНЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОСЛЕ ПРИРОДНОГО НИЗОВОГО ПОЖАРА

Антонова Г.Ф., Стасова В.В.
Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, 660036, Красноярск, Академгородок, 50/28, *e-mail: antonova_cell@mail.ru, stasova.vv@ksc.krasn.ru*

Одним из абиотических факторов, влияющих на древесные растения, являются пожары. Их воздействие, как фактор нагревания живых тканей ствола, может инициировать каскад изменений физиологических и биохимических процессов в дереве. Модификация метаболизма в тканях под влиянием тепла ведет к снижению продуктивности и качества древесины. Мы изучали влияние природного низового пожара разной интенсивности (второй и третьей степени) на ростовые процессы в стволах взрослых деревьев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), растущих в естественном насаждении Красноярской островной лесостепи разнотравно-зеленомошного типа леса. В качестве контроля служили насаждения, расположенные на участке, нетронутом огнем. Наблюдения за состоянием развития клеток ксилемы и флоэмы в стволах сосны обыкновенной проводили через 2 месяца (8 июля) после пожара, т.е. в середине вегетации. Формирование годичного слоя в стволах сосны в этот период находится на стадии роста растяжением образованных камбием поздних трахеид и утолщения вторичных стенок ранних трахеид, сформированных в июне. Клетки флоэмы и ксилемы с разной степенью дифференциации (первая и вторая стадии) в стволах деревьев контрольных и пораженных огнем анализировались на содержание спирторастворимых веществ, углеводов, связанных и свободных фенолов, аскорбиновой и дегидроаскорбиновой кислот, как показателей окислительно-восстановительной системы, а также углеводов, растворимых в воде после экстракции ткани водным этанолом. Содержание метаболитов во флоэме и ксилеме значимо изменялось в зависимости как от стадии развития клеток этих тканей, так и степени воздействия тепла. Каждый из метаболитов (углеводы, растворимые в 80 % водном этаноле и в воде, спиторастворимые фенолы в связанной и свободной форме, аскорбиновая и дегидроаскорбиновая кислоты) показал свою динамику модификации метаболических процессов. Существенные изменения в метаболитах развивающихся тканей стволов сосны обыкновенной после теплового воздействия указывают на разную степень активности метаболических процессов на этапах дифференциации клеток флоэмы и ксилемы сосны в постпирогенный период.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СКРЫТЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ И АНОМАЛИЙ В СЕМЕНАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, ВЫРАЩЕННЫХ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Архипов М.В.[1], Прияткин Н.С.[2], Гусакова Л.П.[2], Потрахов Н.Н.[3], Староверов Н.Е.[3]
[1]СЗЦПО-СПбФИЦРАН, СПб, Пушкин, шоссе Подбельского д.9,
e-mail: maikl.arh1pov@yandex.ru
[2]ФГБНУ АФИ, СПб, Гражданский 14
[3]ЛЭТИ, СПб, ул. Профессора Попова, 37БА

Разработка ренгеноского метода выявления оценки и ронжирования различный типов скрытых дефектов и аномалий форма образующих органов зерновки является новым направлением в семеном контроле. Данные ренгеноргафического анализа семян ячменя сорта Криничный свидетельствует о том, что при выращивании растений в условиях мелкоделяночного опыта доля семян с сильной трещиноватостью состовляют 12 %, энзимомикозным истощением 9 % и недовыполненых – 7 %. В полевом производственом опыте эти показатели соответственно 71 %, 25 % и 9 %, а в фитотроне они составляют 3 %, 2 % и 49 % соответственно. Для овса сорта Козырь эти показатели для мелкоделяночного опыта 1 %, 6 % и 2 %, для производственного опыта – 9 %, 26 % и 4 % и для варианта в фитотроне составляют соответственно 1 %, 0 % и 68 %. В работе обсуждаются причины возникновения скрытых повреждений и аномалий экогенного и техногенного характера. Анализ полученных результатов позволяет предположить, что выращивание растений по разным агротехнологиям приводит к возникновению разного типа дефектов и аномалий. Вероятно, из-за ограниченности времени эксплуатации фитотронного комплекса и проведения более ранней уборки семян, существенно возрастает (до 68 %) доля щуплых (недовыполненых семян). Проведение дальнейших эксперементов позволит получить принципиально новую информацию о возникновении скрытых дефектов и их влиянии на посевные качества и ростовые показатели.

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ *IRIS SIBIRICA* L.

Аухадиева Э.А.
Федеральное бюджетное учреждение науки «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», Россия, г. Уфа, ул. Степана Кувыкина, д. 94, *e-mail: phytoufa@yandex.ru*

I. sibirica содержит в своем составе мангиферин – ксантоновый гликозид, обладающий антиоксидантными и иммуномодуляторными свойствами, в связи с чем его применяют при производстве некоторых противовирусных препаратов. Также в нем обнаружен апигенин, который ингибирует рост опухолевых клеток. Целью исследования было изучение биоэкологических особенностей лекарственного растения *I. sibirica* для разработки агротехнических приемов, направленных на оптимизацию его выращивания. Объектами исследований явились растения *I. sibirica*, культивируемые в условиях Башкирского Предуралья. Фенологические наблюдения и морфометрические исследования проведены по стандартным методам. Установлено, что весеннее отрастание *I. sibirica* наступает в конце апреля. Генеративный побег цилиндрический, внутри полый, с 2-7 цветками, высотой до 80 см. Листья линейные, длиннозаостренные, длиной до 65 см. Продолжительность цветения побега составляет 8-10 дней. Ежегодно цветет и обильно плодоносит. Пыльца однородная, жизнеспособных пыльцевых зерен около 90 %. Семенная продуктивность высокая, процент плодообразования генеративного побега достигает 90-95 %. Плод продолговато-овальный, внезапно к концам суженный, с очень плотными стенками, бурого цвета, длиной до 4,5 см. Семя округлое, плоскосжатое, коричневое, с тонкой ломкой кожурой, имеет длину 0,55-0,65 см, ширину 0,45-0,50 см. Семенной рубчик малозаметный. Годичные звенья корневищ узкие. Длина годичного звена составляет в среднем (1,11 ± 0,09) см, ширина – (1,03 ± 0,10) см, толщина – (0,63 ± 0,07) см. Корневище постепенно нарастает с одной стороны и отмирает с другой, что приводит к постепенному разрушению центра куста. Начало партикуляции кустов наступает в возрасте 7-8 лет. Устойчив к климатическим условиям Башкирского Предуралья, не требует полива и укрытия. Наблюдается обильный самосев. *I. sibirica* ежегодно проходит полный цикл развития, регулярно цветет и плодоносит, отличается высокой биомассой, семенной продуктивностью, поэтому является перспективным для культивирования видом. Требователен к увлажнению почвы, хорошо переносит затопление талыми водами. Размножается хорошо как семенами, так и корневищами. Семена необходимо высевать в рыхлую, питательную почву на глубину 2-2,5 см. Почковый способ размножения (кусочками корневищ с почкой) повышает выход посадочного материала до 50 посадочных единиц.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЧИСЛЕННОСТИ МЕЛКОЛЕПЕСТНИЧЕКА КАНАДСКОГО

Бабков А.В., Прохоров В.Н., Карасёва Е.Н., Азза М.Д., Сак М.М., Позняк А.С., Гриц А.Н.
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, 220072, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: balexio@gmail.com*

Одним из широко распространенных во многих странах мира инвазивных видов растений является мелколепестничек канадский (эригерон канадский) (*Coniza canadensis* (L.) Crong). Является пионерным видом, и играет в отдельных случаях решающую роль на первых этапах формирования растительности и процесса почвообразования на нарушенных бесплодных песчаных землях. Вид относят к наиболее распространенным европейским чужеродным видам, который обнаружен уже в 47 странах Европы, в 33 из которых полностью натурализовался. Это один из самых распространённых в мире сорняков, засоряющий посевы более 40 сельскохозяйственных культур. Большой выбор гербицидов привел к быстрой эволюции устойчивых к гербицидам сорняков, что значительно усложнило усилия по борьбе с сорняками во всем мире. В частности, чрезмерная зависимость от глифосата, активного ингредиента RoundUp®, стимулировала развитие устойчивости к этому гербициду у более 40 видов сорных растений. Особенно это выражено у мелколепестничека канадского у которого развилась высокая устойчивость к глифосатам. В настоящее время он выдерживает дозу глифосата в 7 – 14 и даже по некоторым данным в 40 раз больше, чем применялась первоначально. Поэтому в последнее время большое внимание обращается на использование новых перспективных гербицидов за контролем мелколепестничека канадского. В связи с этим проведены лабораторные и полевые опыты по оценке действия биологически активных соединений на рост и развитие мелколепестничека канадского и разработан ассортимент перспективных препаратов и их смесей, ингибирующих рост и развитие этого инвазивного вида. Ассортимент включает производные триазолопиримидинов, флорасулам, (Балерина, СЭ), глифосатсодержащие (N-(фосфонометил)-глицин] производные (Торнадо, ВР; Граунд 540, ВР), производные сульфонилмочевины, метсульфурон-метил, (Магнум, ВДГ), производные сульфометурон-метила (Террсан, ВДГ; Веник, ВДГ) и их баковые смеси. Полученные предварительные результаты исследований показали, что наиболее эффективными по ограничению численности мелколепестничека являются баковые смеси глифосатсодержащих препаратов с производными сульфометурон-метила, эффективность которых составляет 95 – 98 %.

Работа выполнена задания «Разработать и внедрить экологически безопасные и эффективные способы регулирования распространения и численности мелколепестничека канадского» ОНТП «Интродукция и инвазии», 2021-2025 гг.

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОРКОВИ ПОСЕВНОЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕЕ

Багрецова М.Р.*, Беркович Ю.А.**, Смолянина С.О.**
*ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, РФ, Москва, ул. Тимирязевская, 49, *e-mail: lol2101bear@mail.ru*
**ФГБУН ИМБП РАН, РФ, Москва, Хорошевское шоссе, 76А,
e-mail: berkovich@imbp.ru

Важным условием успешного освоения дальнего космоса, предусмотренного стратегией развития российской пилотируемой космонавтики до 2035 года, является создание биолого-технических систем жизнеобеспечения с регенерацией веществ на борту пилотируемых космических аппаратов. Морковь – одна из самых популярных сельскохозяйственных культур, входящая в большинство наборов овощных культур, предлагаемых для выращивания на борту в различных космических экспедициях. Вместе с тем технологии выращивания моркови в искусственных условиях недостаточно отработаны не только в условиях космического полета, но и на Земле. На данном этапе работы была поставлена задача: изучить возможность увеличения коэффициента хозяйственного использования посевов моркови путем варьирования уровнем азотного питания в корнеобитаемой среде в период формирования корнеплодов. Объектом исследований явилась морковь посевная *Daucus carota* L., сорт Внучка. Данный сорт отличается скороспелостью и компактным габитусом надземной части и корнеплодов. Растения выращивали в течение 60 суток в корневых модулях квазицилиндрической формы, выполненных на базе пористых титановых трубок и волокнистого ионообменного почвозаменителя БИОНА-В3, под светильником из красных (660 нм) и белых (4000К) светодиодов в условиях круглосуточного освещения при плотности потока фотонов на уровне верхушек побегов (420 ± 30) мкмоль/(м^2·с). В контрольном варианте растения выращивали на модифицированном питательном растворе Чеснокова в течение всей вегетации, в опытных вариантах из питательного раствора исключали азот при сохранении концентраций остальных макро- и микроэлементов на прежнем уровне. Азот из состава питательного раствора исключали за 15 и 20 суток до уборки растений во 2-м и 3-м вариантах, соответственно. Результаты экспериментов показали, что исключение азота за 14 дней до срезания растений позитивно повлияло как на урожай корнеплодов, так и на коэффициент хозяйственного использования. Урожай корнеплодов моркови в этом варианте на 11,5 % превышал аналогичный показатель в контрольном варианте, а коэффициент хозяйственного использования 0,46 против 0,30 в контроле. Исключение азота из питательного раствора за 20 дней до уборки привело к уменьшению урожая корнеплодов на 37 % по сравнению с контролем на 37 % при неизменной величине коэффициента хозяйственного использования.

ВЛИЯНИЕ РОСТ-СТИМУЛИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ РОДА PSEUDOMONAS НА РЕАКЦИЮ ПШЕНИЦЫ И РАПСА НА ГЕРБИЦИД МЕТСУЛЬФУРОН-МЕТИЛ

Бакаева М.Д., Кенджиева А.А., Стариков С.Н., Четверикова Д.В.
Уфимский федеральный исследовательский центр, РАН, Россия, Уфа, проспект Октября, д. 69, *e-mail: margo22@yandex.ru*

Гербицид метсульфурон-метил используется на широком спектре сельскохозяйственных культур. При этом его остатки могут длительное время сохраняться в почве и вредить чувствительным культурам. Поэтому актуален поиск средств, помогающих нивелировать его негативное влияние на культурные растения. В серии опытов с высаженными в горшки растениями при искусственном освещении был оценен эффект, который оказывает опрыскивание рост-стимулирующими бактериями *Pseudomonas protegens* DA1.2 и *P. chlororaphis* 4CH на фитотоксичность метсульфурон-метила в отношении мягкой пшеницы и рапса. Численность микроорганизмов оценивалась путем микробиологических посевов на селективную среду с 50 мг/л рифампицина, биохимические показатели измерялись спектрофотометрически, количество метсульфурон-метила с помощью хроматомасс-спектрометрии. В течение месяца после интродукции бактерий они обнаруживались в почве в количестве не менее 10^3 КОЕ/г. Показано, что бактериальная обработка способствовала накоплению биомассы растений на 21-65 % и уменьшала у рапса на 47-72 % ингибирование фермента ацетолактатсинтазы, который является мишенью действия использованного гербицида. Одной из причин этого было меньшее на 26-70 % по сравнению с контролем содержание гербицида в почвах после внесения в них бактериальных культур. Обнаружено снижение содержания маркера окислительного стресса малонового диальдегида в листьях мягкой пшеницы и рапса после опрыскивания штаммами бактерий на фоне применения гербицида метсульфурон-метил. Так же обработка бактериями *P. protegens* DA1.2 и *P. chlororaphis* 4CH оказывала влияние на отдельные компоненты антиоксидантной системы рапса и мягкой пшеницы. Общим для всех тест-растений и штаммов микроорганизмов была активизация фермента супероксид-дисмутазы, накопление окисленного глутатиона и флавоноидов. Перечисленное выше может служить свидетельствами усиления антиоксидантной защиты подопытных растений после контакта с бактериями *P. protegens* DA1.2 и *P. chlororaphis* 4CH. Таким образом, культуры бактерий *P. protegens* DA1.2 и *P. chlororaphis* 4CH стимулировали рост пшеницы и рапса на фоне метсульфурон-метила и уменьшали вызванный гербицидом стресс. Благоприятное влияние могло быть связано как с ускорением биодеградации гербицида, так и с активацией защитных механизмов растений.

Исследование поддержано Российским научным фондом (грант 23-26-00097).

ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА РАЗВИТИЕ ЭКСПЛАНТОВ ВИНОГРАДА *IN VITRO*

Батукаев М.С.[1], Адымханов Л.К.[2], Батукаев А.А.[1]
[1]ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», г. Грозный
[2]ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова», г. Грозный

Освоение современных технологий производства винограда невозможно без развития питомниководства, которое обеспечивает стабильность и конкурентоспособность отрасли виноградарства. С целью увеличения коэфициента размножения исследовали два варианта комбинаций регуляторов роста – БАП с 2iP и БАП с кинетином. Контролем служила модифицированная среда Мурасиге-Скуга, дополненная БАП в концентрации 0,5 мг/л и 1,0 мг/л. На экспериментальные среды высаживали одноглазковые микрочеренки винограда сортов Кишмиш ВИРа и Кишмиш лучистый. Длительность культивирования составляла 4 недели, после чего определяли коэффициент размножения и среднюю длину побегов. Присутствие 2iP в питательной среде оказывало отрицательное действие на образование дополнительных побегов у эксплантов винограда, снижая как коэффициент размножения, так и среднюю длину побегов. Присутствие кинетина в питательной среде в комбинации с БАП положительно влияло на развитие эксплантов. Так, на фоне концентрации БАП 0,5 мг/л присутствие кинетина (0,5 мг/л) обеспечило максимальный коэффициент размножения для обоих сортов винограда 2,9 и некотором уменьшении средней длины побегов. В вариантах с концентрацией БАП 1,0 мг/л присутствие кинетина не уменьшало коэффициент размножения побегов сорта Кишмиш ВИР, по сравнению с вариантом без кинетина. При культивировании эксплантов сорта Кишмиш лучистый отмечено некоторое уменьшение коэффициента размножения – на 11 % (кинетин 0,25 мг/л) и 20 % (кинетин 0,5 мг/л). Таким образом, для этапа микроразмножения винограда сортов Кишмиш ВИР и Кишмиш лучистый целесообразно совместное использование БАП и кинетина в концентрации 0,5 мг/л каждого, что обеспечивает максимальный коэффициент размножения. Выводы:1) приёмы клонального микроразмножения позволяют в ограниченные сроки получить стандартный посадочный материал винограда; 2) оптимальные концентрации регуляторов роста на этапе пролиферации побегов для винограда — БАП + кинетин по 0,5 мг/л.

О ПРИМЕНЕНИИ АЛЬГОЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ NOSTOC-VISCHERIA В КАЧЕСТВЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА ЯЧМЕНЯ

Бачура Ю.М.
Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины, г. Гомель, Республика Беларусь, *e-mail: bachura@gsu.by*

В связи с экологизацией земледелия и внедрением эколого-биосферных способов ведения сельского хозяйства, основывающихся на процессах самовосстановления в агрофитоценозах и не приводящих к ухудшению качества окружающей среды, в настоящее время особо актуален поиск микроорганизмов, способных стимулировать рост и развитие высших растений. Для решения данных задач потенциально подходят почвенные водоросли и цианобактерии, выделяющие биологически активные вещества, ускоряющие рост корней и стимулирующие жизнедеятельность многих полезных микроорганизмов почвы. Некоторые из них могут разлагать органические отходы и остатки, обезвреживать ксенобиотики, катализировать круговорот питательных веществ, подавлять рост патогенных микроорганизмов в почве. В представленной работе было изучено влияние альгоцианобактериальных комплексов *Nostoc-Vischeria* различного состава на основе суспензий микроводорослей и цианобактерий с разной плотностью клеток на рост и развитие проростков ячменя. Оценку фитостимулирующих свойств суспензий водорослей, цианобактерий и комплексов на их основе проводили, анализируя энергию прорастания, всхожесть семян, морфометрические показатели растений в контрольных и опытных вариантах; статистическую обработку данных проводили с помощью программных продуктов Statistica и Microsoft Excel. Оптимальные результаты получены при использовании комплексов *Nostoc-Vischeria* на основе суспензий с высокой плотностью клеток (29,7–29,9 млн клеток на 1 мл для суспензии микроводоросли рода *Vischeria* и 25,6–25,7 млн клеток на 1 мл для культуры цианобактерии рода *Nostoc*). Наибольшую эффективность показали комплексы состава 1N:2V – 19-20 % по длине и 16-53 % по массе проростков ячменя. При снижении плотности суспензий *Nostoc* и *Vischeria* четких закономерностей зависимости фитоэффектов от плотности суспензии и состава комплекса не установлено. Наибольшее фитостимулирующее действие разбавленных культур на проростки ячменя показали комплексы состава 2N:1V и 3N:1V и суспензия вишерии (разведение 1:2) – фитоэффекты по длине проростков составили 89–114 %, по массе проростков – 60–89 %. Таким образом, на ранних этапах развития для оптимизации использования комплексов водорослей *Nostoc-Vischeria* в качестве стимуляторов роста ячменя в стандартных условиях необходимо использовать комплексы состава 1N:2V на основе исходных культур водорослей и цианобактерий, состава 2N:1V и 3N:1V на основе разбавленных 1:2 культур микроорганизмов. Экспериментальная часть работы продолжается с использованием других штаммов почвенных микроводорослей.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ СИНИМИ СВЕТОДИОДАМИ НА РОСТ КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ *ARABIDOPSIS THALIANA* ПРИ МЕДЛЕННОМ ВРАЩЕНИИ НА 2D-КЛИНОСТАТЕ

Беляк А.М.[1], Кривобок А.С.[1], Бибикова Т.Н.[1,2]
[1]Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ – ИМБП РАН), Российская Федерация, Москва, Хорошевское шоссе, 76А, *e-mail: a8belyak@gmail.com*
[2]Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, РФ, Москва, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

При длительных экспедициях целесообразно применение биолого-технических систем жизнеобеспечения на основе космических оранжерей, потому что биосинтез пищевых веществ является единственным реальным путем уменьшения запасов пищи на борту и обогащения рациона питания экипажа. При изменении силы притяжения реакции гравитропизма у растений будут изменяться, что может вызвать необходимость в модификации технологических режимов в разрабатываемых космических оранжереях. В наших экспериментах для моделирования некоторых эффектов невесомости использовался 2D-клиностат, на котором исследовалась динамика роста главных и боковых корней 5-дневных проростков *Arabidopsis thaliana* в условиях горизонтального и вертикального при двух типах освещения: либо белым светом, либо боковым по отношению к оси растений синим светом. У главных корней (ГК): 1) горизонтальное клиностатирование вызывало более равномерное распределение направлений роста ГК в пространстве; 2) с белым освещением при вертикальном клиностати-ровании средние углы отклонения ГК от продольной оси растения были достоверно больше, чем при горизонтальном клиностатировании: около 60º и 40º, соответственно; 3) при освещении боковым синим светом более 75 % исследованных растений ГК проявляли отрицательный фототропизм, при этом угол отклонения ГК от продольной оси растения при обоих типах клиностатирования составлял около 80º. Этот результат показывает, что в условиях клиностатирования фототропические реакции корня играют важную роль в определении направления его роста. У боковых корней (БК):1) вертикальное клиностатирование вызывает более равномерное распределение направлений роста БК в пространстве; 2) при горизонтальном клиностатировании БК отклонялся примерно на 33° больше, чем при вертикальном клиностатировании. Однако, по мере роста БК в процессе клиностатирования это различие ослабевало; 3) при освещении синим светом снизу БК выявлено проявление положительного фототропизма. Во всех остальных вариантах освещения синим светом корни проявляли отрицательный фототропизм.

Работа выполнена в рамках базовой тематики РАН по разделу 64.2.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ В СЕВЕРНОМ ЗАУРАЛЬЕ

Боме Н.А.[1], Колоколова Н.Н.[1], Королёв К.П.[1], Белозерова А.А.[1], Земцова Е.С.[2], Салех С.[1], Юркова В.А.[1], Базюк Д.А.[1], Черепанов А.В.[1], Вайсфельд Л.И.[3]
[1]Тюменский государственный университет, 625003, Россия, Тюмень, ул. Володарского, 6, *e-mail: bomena@mail.ru*
[2]Тобольская комплексная научная станция УрО, 626152, Россия, Тобольск, ул. имени академика Юрия Осипова, 15
[3]Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, 119334, Россия, Москва, ул. Косыгина, 4

Многолетние исследования были направлены на выявление максимального потенциала сельскохозяйственных растений в экстремальных условиях Северного Зауралья. Установлено, что потенциал адаптации *Triticum aestivum* L., *Hordeum vulgare* L., *Linum usitatissimum* L. может быть увеличен за счет генетической изменчивости мутантных популяций (химический мутаген фосфемид), что подтверждено электрофоретическим анализом семян. Создан «Атлас грибных болезней культурных злаков в Тюменской области». Биологическая коррекция структурно-функционального состояния растений яровой пшеницы с помощью био- и нанопрепаратов снижает вредоносность фитопатогенных грибов и улучшает продуктивные свойства. Инокуляция семян сои отселектированными штаммами *Bradyrhizobium japonicum* положительно влияет на биологическую фиксацию азота во взаимосвязи с продуктивностью. Сохранение и поиск видов и внутривидовых форм разного функционального назначения осуществляется в коллекции многолетних растений (около 50 видов), выявлены виды с высокой фитонцидной активностью. Изучена возможность увеличения семенной продуктивности люцерны чередованием по годам способов использования посева: трехкратное скашивание/получение семян. Оценены перспективы выращивания в Северном Зауралье нетрадиционных и недостаточно изученных однолетних растений *Glycine max* (L.) Merr., *Linum usitatissimum* L., *Carthamus tinctorius* L., *Guizotia abyssinica* (L.f.) Cass, *Amaranthus paniculatus* L., *Fagopyrum esculentum* Moench. Установлена урожайность и качество зерна озимых злаков в зависимости от сочетания условий окружающей среды, генотипа и технологии выращивания. Получены новые данные по диверсификации растений, почвопокровным культурам, многокомпонентным смесям. Генотипы овса различного назначения (продовольственное, кормовое, почвопокровное) представляют интерес для решения практических задач современного растениеводства. Определена эффективность неинвазивных методов экспресс-диагностики морфологического и физиологического статуса растений в течение вегетационного периода.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ № FEWZ-2021-0007 «Адаптивная способность сельскохозяйственных растений в экстремальных условиях Северного Зауралья».

ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ РОСТА ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕНОГО ЗАСОЛЕНИЯ ПРИКОРНЕВОЙ ЗОНЫ

Будаговская Н.В.
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Ленинские горы д. 1, 119234, Москва, Россия, *e-mail: postnabu@mail.ru*

В естественных условиях уровень засоления может неоднократно меняться в течение вегетационного периода в результате чередования засушливых и влажных периодов. Выпадение осадков или полив растений снижают концентрацию хлористого натрия в корневой зоне, при испарении почвенной влаги концентрация соли в почве увеличивается. Исследовалось влияние кратковременного засоления (NaCl) на скорость роста и водный обмен растений ячменя, овса, пшеницы и риса. Использование высокочувствительного ауксанометра позволило проследить динамику изменений скорости роста листьев и дать характеристику ответных реакций целого растения на действующий фактор (засоление) в минутном и часовом диапазоне. Зарегистрирована двухфазная ответная реакция листьев на внесение NaCl в корневую зону. Первая быстрая фаза (мин) связана с кратковременным снижением и последующим восстановлением тургора листьев, вторая более медленная (ч) - со снижением скорости роста листьев и дальнейшим ее восстановлении вследствие адаптационных процессов, связанных с биосинтезом *de novo* протекторных соединений. Растения, не способные синтезировать в условиях засоления осмопротектор глицинбетаин (рис), проявляли более низкую солеустойчивость и у них отсутствовала двухфазная ответная реакция на засоление. Добавление экзогенного глицинбетаина повышало солеустойчивость растений риса. Засоление вызывало нарушение водного обмена в растениях. Снижение водонагнетающей активности корней было пропорционально концентрации NaCl в зоне корней. При высоком уровне засоления снижался тургор листьев. Скорость сжатия тканей листьев зависела от концентрации добавленного в корневую зону NaCl. Уменьшение концентрации NaCl в окружающем корни пространстве при добавлении воды приводило к восстановлению тургора листьев и увеличению скорости их роста.

ВЛИЯНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИСАХАРИД-СЕРЕБРО НА ЗАРАЖЕНИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ВОЗБУДИТЕЛЕМ ТЕМНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ *BIPOLARIS SOROKINIANA*

Величко Н.И.[1], Герасимович К.М.[1], Рыбинская Е.И.[1], Калацкая Ж.Н.[2], Гилевская К.С.[2]

[1]Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь, *e-mail: vialichka_natali@mail.ru*

[2]Институт химии новых материалов НАН Беларуси Минск, Республика Беларусь

В настоящее время нанотехнологии – это передовая и быстроразвивающаяся отрасль науки и техники, которая представляет не только фундаментальную, но и практическую значимость для растениеводства. Одним из перспективных классов наноматериалов, влияние которых на растения в настоящее время активно исследуется, являются наночастицы (НЧ) серебра. Для применения в сельскохозяйственном секторе НЧ серебра целесообразно получать с использование подходов «зеленой» химии путем использования в качестве восстановителей и стабилизаторов соединений растительного происхождения (экстракты растений, полисахариды). Такой подход позволяет синтезировать НЧ серебра в водных средах без использования токсичных органических восстановителей, что исключает стадию доочистки конечного продукта, а наличие биополимерной оболочки на поверхности НЧ уменьшит их токсичность. Целью настоящего исследования являлась оценка влияния нанокомпозитов полисахарид-серебро на степень зараженности отрезков листьев ярового ячменя сорт Добры возбудителем темно-бурой пятнистости *Bipolaris sorokiniana* в модельном опыте. Образцы нанокомпозитов предоставлены лабораторией микро- и наноструктурированных систем Института химии новых материалов НАН Беларуси. В модельных экспериментах выявлены эффективные виды и концентрации нанокомпозитов полисахарид-серебро – максимально ограничивающие распространение инфекции, вызванной фитопатогеном *Bipolaris sorokiniana*: CitrusAg_10 (с концентрацией высокоэтерифицированного пектина 0,15 мг/мл и содержанием серебра 0,006 мг/мл) и соотношением пектин:серебро 25:1, а также Amid Ag_25 (с концентрацией низкометоксилированного амидированного пектина 0,3 мг/мл и содержанием серебра 0,012 мг/мл) с соотношением пектин:серебро 25:1.

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ: СИНТЕЗ И ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ

Гецевич К.В.[1], Петушок В.Г.[1], Гилевская К.С.[1], Ахмедов О.Р.[2], Калацкая Ж.Н.[3]
[1]Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Республика
[2]Институт биоорганической химии Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан
[3]Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь, *e-mail: kalatskayaj@mail.ru*

Углеродные материалы долгое время были представлены наноалмазами, фуллеренами и углеродными нанотрубками. В настоящее время интерес вызывает новая форма углеродных объектов – углеродные наночастицы (Carbon Nanodots) (УНЧ). Уникальные люминесцентные свойства и простота методов получения УНЧ открывают широкие перспективы их потенциального применения. Важным преимуществом углеродных наночастиц является возможность синтезировать их в больших масштабах из множества прекурсоров (от простых органических молекул до биологических отходов), зачастую в соответствии с принципами «зеленой» химии и с использованием методов одностадийного синтеза. Использование углеродных наночастиц в растениеводстве может стать одним из эффективных инструментов развития устойчивого сельского хозяйства. Однако надежной научной информации о влиянии углеродных наночастиц на рост и развитие растений *in vivo*, протекание физиологических процессов и формировании продуктивности недостаточно. Также существует ряд проблем, ограничивающих применение УНЧ. Одна из них – низкие выходы синтеза. Также, из-за обилия гидрофильных групп на поверхности углеродных наночастиц их трудно получить в виде твердого порошка, что ограничивает сроки их хранения и транспортировку на большие расстояния. Нами предложен масштабируемый способ получения твердофазных образцов УНЧ. После комплексной оценки физико-химических характеристик УНЧ условия синтеза были оптимизированы для получения водо- и спирторастворимых углеродных точек с высоким выходом и удовлетворительными люминесцентными свойствами. Репрезентативные образцы использовали для проведения скрининга фитотоксичности и ростостимулирующей активности на модельных растениях. Показано, что синтезированные УНЧ оказывают ростостимулирующее действие на растения редиса.

САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА РЕГУЛИРУЕТ РОСТ КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУР *LYCHNIS CHALCEDONICA*

Головацкая И.Ф., Прокопенко В.И., Попов Д.С.
Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050 Томск, пр. Ленина, 36, Россия, *e-mail: golovatskaya.irina@mail.ru*

Введение растений в культуру *in vitro* позволяет получать модели для изучения механизма регуляции их роста и метаболизма. Интересными объектами являются лекарственные растения, которые содержат ряд биологически активных веществ, важных для фармакологии и косметологии. Регуляторную роль в растении выполняют фитогормоны, среди которых можно выделить группу салицилатов, регулирующих рост и защиту растений от стрессовых факторов. Целью наших исследований было изучить влияние салициловой кислоты (СК) на рост каллусных культур, полученных от разных эксплантов проростков многолетнего растения лихниса хальцедонского (*Lychnis chalcedonica* L.), содержащего важные биологически активные вещества: фитоэкдистероиды, флавоноиды, сапонины и другие. В ходе эксперимента субкультивирование клеток каллуса осуществляли на 100 % питательной среде Мурасиге и Скуга (МС), содержащей α-нафтилуксусную кислоту и N6-бензиламинопурин. Каллус культивировали в темноте при влажности 60–70 % и температуре воздуха 20–23 °С. Анализировали прирост биомассы каллусных культур, полученных от каллуса гипокотиля, листа и основания побега (ОП). В роли контроля выступали культуры, выращенные на МС, опытные культуры выращивали на среде МС с добавлением 1.0 пг и 1.0 нг СК. Каллусные культуры *L. chalcedonica* характеризовались разной скоростью роста. 28-дневная контрольная культура 23 пассажа, полученная от каллусных клеток гипокотиля, характеризовалась меньшим приростом. Каллусная культура, полученная от каллуса листа, повышала рост на 16 % относительно гипокотильной линии, а полученная на основе клеток ОП – в 2.22 раза. Длительное культивирование на среде с 1.0 нг и 1.0 пг СК не изменяло скорость роста каллусной культуры ОП, однако ускоряло рост более медленно растущих культур. Клеточная культура гипокотиля увеличивала биомассу на 8.4 % и 56.8 % от контроля, тогда как культура листа – на 20.1 % и 25.0 %. Наибольшая активация роста происходила при действии меньшей концентрации гормона. На основе полученных результатов мы сделали вывод, что клеточная культура ОП хорошо адаптирована к используемой питательной среде, тогда как для других культур эта среда в какой-то мере неблагоприятна. СК, как гормон стресса, поддерживает окислительный статус медленно растущих культур и, следовательно, ускоряет их рост. В дальнейших исследованиях метаболизма у медленно растущих каллусных культур ожидаем обнаружить большее содержание вторичных метаболитов, поскольку известно из наших более ранних исследований, что торможение роста всегда согласуется с увеличением вторичного метаболизма.

МЕТОДЫ ХРОМАТО-АУКСАНОМЕТРИИ И ГХ-МС-АУКСАНОМЕТРИИ В МОНИТОРИНГЕ РЕГУЛЯЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

Градов О.В.
ФИЦ ХФ РАН, РФ, Москва, ул. Косыгина, д. 4, *e-mail: o.v.gradov@gmail.com*

В середине 2010-х гг. в программной статье в "Лесном журнале" ("Хромато-ауксанометрия и хромато-масс-ауксанометрия в фенологическом стадийном мониторинге лесных пород на основе флейво-и газохимических принципов с автоматической динамической идентификацией паттернов") автор - задолго до массового внедрения методов ML / AI в фитофизиологическую практику - сформулировал базовые критерии "идеологии ауксанометрии, позволяющей объединить физиологический мониторинг, анализ... биохимических данных, ... измерения роста с временным разрешением и длительностью, достаточной для проведения фенологической периодизации... развития растений". Там же постулировалось, что "...переход от анализа роста (ауксанометрии) к анализу развития должен производиться *при учете фенофаз*, свойственных... тем или иным породам, а в масштабах лесных сообществ и их лабораторных моделей, создаваемых в климатических камерах *с учетом естественных метеорологоклиматических условий имитируемой местности*, сопровождаться синтезом феноспектров". Писалось: "Необходимость анализа запахов в фенологической форме можно объяснить тем, что: *микроклиматические и фенологические факторы воздействуют на химический состав*", в т.ч. "семиохимические характеристики растительных сигналов (насекомым-опылителям) и... отпугивающих факторов... меняются в зависимости от времени...". Так как "...паттерны сезонов цветения у разных видов растений различны в зависимости от климатических... географических параметров, определяющих фенологию данного вида..." ("...одорологические характеристики меняются синхронно или же коррелятивно к первым"), было постулировано, что "машинный (то есть не субъективный одорологический, а корректный флейвохимический - хроматографический) анализ источников запаха растений неизбежен". Это заявление неоднократно оспаривалось в РФ классическими специалистами-ботаниками, в силу чего данная разработка не пошла в массы и не была освоена в практических условиях. Однако, начиная с 2020-х гг., активное внедрение методов распознавания образов / машинного обучения, AI в зарубежные геопривязанные фитохимические исследования (с временным разрешением) феноменов биохимической фенологии растений, в сущности, положили конец данной дискуссии - на уровне первичных фактов. Было показано, что изменения при росте и развитии растения отличаются как переход из количественного в качественное. Следовательно, наши заявления, что так как "феноспектр, демонстрирующий, по Сукачеву и Гаме, переходы между фенофазами и стадии вегетации, цветения и т.д. вплоть до листопада, однозначно соответствует физиолого-биохимическим изменениям растения", соответствующие периодичные изменения "на этих стадиях", действительно "могут быть проанализированы вышеозначенным путем", вполне корректны.

"АГРОХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА" НА АКТИВНОМ ЧИПЕ В АНАЛИЗЕ РЕГУЛЯЦИИ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ

Градов О.В., Орехов Ф.К.
ФИЦ ХФ РАН, Отдел динамики химических и биологических процессов, РФ, Москва, ул. Косыгина, д. 4, *e-mail: o.v.gradov@gmail.com*

Данный аннотирующий реферат представляет собой перечисление наиболее важных, на наш взгляд, предпосылок и результатов использования безлинзовых анализаторов на активном чипе (как правило, ПЗС или КМОП) для анализа регуляции роста, развития и биохимии растений. Предлагались и апробировались следующие технологии: 1. Микроколориметрические лаборатории на чипе - безлинзовые микроскопы для реализации экспресс-методов листовой и тканевой диагностики (методы В.В. Церлинг без использования специализированных наборов (типа ОП-2)). 2. На безлинзовом микроскопе воспроизведен метод определения фосфатов в срезах черешков листьев сахарной свеклы (данные не опубликованы). 3. Создана конструкция ячейки, совместимой с экспериментом в безлинзовом проточном микроскопе-колориметре, для полуколичественного (с точностью, определяемой чувствительностью ПЗС или КМОП) определения содержания веществ в соке растений. Такая конструкция заменяет полевую лабораторию Магницкого (типа ПЛ-2М и аналоги). Указано в последнем отчете группы (за 2018 г.) перед реорганизацией / слиянием институтов. 4. Реализованы методы безлинзовой label-free (без окрашивания / индикации) колориметрической идентификации дефицита железа (пожелтения \ хлороза молодых листьев), фосфора (по бурым или фиолетово-красным компонентам колориметрического пространства безлинзовых RAW-регистрограмм листа), калия (регистрация "краевого ожога", отличий в мезо-денситограмме томатов с нижней части листьев). Сейчас можно реализовать это методами AI и ML. 5. Обычное этиолирование может быть на качественном уровне определено с использованием той же техники (данные не опубликованы). 6. Проведены измерения со вводом индикаторов (данные не опубликованы). 7. Почвенная среда анализируется и с использованием погружных биочипов, заменяющих капиллярные педоскопы Перфильева либо пластики или камеры обрастания Росси-Холодного. Опубликовано в ряде статей и тезисов с 2012 г. Что ещё может быть сделано / доделано / апробировано со специалистами: 1. Гидропоника на чипе и аэрозольно-регулируемая аэропоника в 3D (3CCD). 2. Определение калия, нитратов и ортофосфатов без использования приборов / наборов типа ОП-2. 3. Анализ пасок по Сабинину без кислотного озоления и ААС / АЭС. 4. Анализ вытяжек растений по Магницкому; возможно - без использования уксусной кислоты и раствора Моргана в качестве буфера. 5. Ауксанометрия на гибком чипе с тензорезистором либо анализ тропизмов и настий с использованием его и безлинзовых контактных фотодетекторов.

РЕДОКС-РЕГУЛИРУЕМЫЕ КАЛИЕВЫЕ КАНАЛЫ GORK И АНИОННЫЕ КАНАЛЫ ALMT ОБЕСПЕЧИВАЮТ ОТТОК ЭЛЕКТРОЛИТОВ ИЗ КЛЕТОК КОРНЯ *ARABIDOPSIS THALIANA* L. HEYNH.

Гриусевич П.В.[1], Толкачева Ю.В.[1], Михалева Т.Д.[1], Кошель С.А.[1], Королевич А.Э.[1], Волосатикова А.В.[1], Демидчик В.В.[2]
[1]Белорусский государственный университет, Минск, пр. Независимости, 4
[2]Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси», Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: vadzimdziamidchyk@gmail.com*

Утечка электролитов (*англ. electrolyte leakage*) – физиологическая реакция, наблюдающаяся как в ряде процессов нормальной физиологии, так и при стрессе. В биологии растений стресс-индуцируемый выход электролитов рассматривается в качестве генерализованного индикатора устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. Несмотря на большое количество работ по выходу электролитов из тканей растений, его природа остается малопонятной. Неясно, каковы первичные мембранные механизмы данного явления и не идентифицированы молекулярные мишени, запускающие выход электролитов из клеток. В последние годы показано, что при умеренном стрессе отток электролитов – регулируемое явление, снижающееся при введении в среду блокаторов ионных каналов и не приводящее к гибели клеток растения. Таким образом, вероятно, существуют мембранные механизмы, его опосредующие. Стресс-индуцированный выход электролитов из растительных клеток практически всегда сопровождается генерацией активных форм кислорода. Данные явления регистрируются одновременно и практически сразу с момента воздействия стрессоров, приводя к потере K^+ и выходу анионов, а также к активации редокс-зависимых сигнальных процессов. Представленная работа была направлена на выявление и детальное изучение механизма оттока электролитов при стрессе на уровне отдельных ион-транспортных систем плазматической мембраны клеток корня *A. thaliana*. С использованием электрофизиологических подходов и нокаутных растений, лишенных ионных каналов GORK и ALMT1, впервые показано, что активные формы кислорода, которые являются неотъемлемой частью стрессовой реакции у высших растений, активируют K^+-каналы GORK посредством реагирования с редокс-чувствительной группой Цис.-151. При этом значительно возрастает выходящий ток K^+, являющийся основой массивного оттока (утечки) данного катиона при стрессовых воздействиях. Показано, что выход анионов для уравновешивания зарядов на плазматической мембране при оттоке K^+ опосредуется анионными каналами ALMT1. Продемонстрировано, что канал ALMT1 способен проводить токи малата, аскорбата и цитрата и плохо проницаем для фумарата, пропионата, глюконата и ионов хлора.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (проект Б24-060; № госрегистрации 20241442).

ВЛИЯНИЕ ИММУНОМОДУЛЯТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ИЗОФЕРМЕНТНОГО СПЕКТРА ПЕРОКСИДАЗЫ У РАСТЕНИЙ СПИРЕИ СЕРОЙ, КИЗИЛЬНИКА БЛЕСТЯЩЕГО И ПУЗЫРЕПЛОДНИКА КАЛИНОЛИСТНОГО

Гриц А.Н., Прохоров В.Н., Карасёва Е.Н., Бабков А.В., Сак М.М., Позняк А.С., Азза М.Д.
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, 220072, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: griz_-64@mail.ru*

Важнейшим компонентом современного городского ландшафта являются декоративные кустарники. Вместе с тем урбанизированная среда оказывает на них сильное стрессовое воздействие. Применение препаратов, индукторов устойчивости могло бы решить задачу стимуляции процессов устойчивости к стрессовым факторам урбанизированной среды. Однако использование, иммуномодулирующие препаратов, как индукторов устойчивости практически не изучено. В этой связи целью наших исследований была оценка эффективности применения иммуномодулирующих препаратов для повышения комплексной устойчивости и качества декоративных кустарников на урбанизированных территориях. В качестве объектов исследований выбраны спирея серая, кизильник блестящий и пузыреплодник калинолистный, как наиболее распространенные виды красивоцветущих кустарников в г. Минске. Обработка кустарников проведена методом опрыскивания в фазе распускания почек иммуномодулирующими препаратами Иммунакт-ГК, Иммунакт-БИО, Экосил и Макрофитум. Эффективность влияния оценивалась по изменению спектра изоферментов растительных пероксидаз. Разделение экстрактов листьев растений и на активность пероксидаз проводили методом нативного электрофореза по стандартным методикам. Показано, что через месяц после обработки препаратами, сильное изменение активности изоферментов пероксидаз наблюдается у растений кизильника блестящего и спиреи серой. Из иммуномодуляторов наиболее эффективно себя проявил «Иммунакт-БИО». Близкие значения показал и препарат «Макрофитум». Иммунакт-ГК оказывал существенное влияние только на изоферментный спектр спиреи серой. Таким образом, изучаемые препараты оказывали существенное влияние на изоферментный спектр пероксидазы спиреи серой, кизильника блестящего и пузыреплодника калинолистного, но эффективность зависела от стадии развития растений и их видовых особенностей.

Работа выполнена в рамках задания «Разработать технологию использования иммуномодулирующих препаратов для повышения комплексной устойчивости и качества декоративных кустарников на урбанизированных территориях». ГНТП «Зеленые технологии ресурсопользования и экобезопасности», 2021-2025 гг.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ РАЗНЫХ СОЛЕЙ КАДМИЯ ДЛЯ СЕЯНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

Дроздова И.В., Калимова И.Б., Беляева А.И.
Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2, *e-mail: IDrozdova@binran.ru*

В серии модельных опытов изучали различия фитотоксичности солей Cd в зависимости от их анионной составляющей. Объектами исследования служили виды *Pinus sylvestris, Picea abies* и *Betula pubescens*. Растения выращивали в песчаной культуре при концентрации Cd 0.5 мМ. Наиболее заметные симптомы токсичности было зафиксированы в варианте с хлоридом Cd, где количество усыхающих особей *P. abies* составило в среднем 33 % от их общего числа. Близкое значение этого показателя – 28 % отмечено для варианта с сульфатом Cd. Существенно более низкий процент усыхающих особей – 11 % наблюдали в варианте с ацетатом Cd. Угнетение роста сеянцев сопровождалось уменьшением содержания воды в хвое и листьях. Влияние хлорида Cd приводило к максимальному – на 47 % по сравнению с контролем снижению оводненности хвои *P. sylvestris*, на 24 % уменьшалось содержание воды в варианте с сульфатом Cd и минимально – на 12 % в варианте с ацетатом Cd. Подобная тенденция была характерна и для сеянцев двух других видов. Установлено, что присутствие Cd в среде выращивания вызывало ингибирование поступления элементов минерального питания в надземные органы растений. На фоне повышенной дозы хлорида Cd содержание Mn в листьях *B. pubescens* снизилось в 3.39 раза, в хвое *P. sylvestris* – в 1.37, а хвое *P. abies* – в 1.34 раза; для вариантов опытов с внесением Cd в форме сульфата оно уменьшилось в 1.7, 1.9 и 1.14 раза по сравнению с контролем, а в присутствии ацетата Cd – в 3.29, 1.46 и 1.2 раза соответственно. Внесение Cd в среду вызывало также уменьшение содержания Fe в хвое *P. abies* в 1.7 раза в варианте с сульфатом Cd и в 1.34 – с хлоридом Cd, а также снижение концентрации Mg в листьях *B. pubescens* в 1.29 и 1.43 раза в аналогичных вариантах. Подавление поступления этих элементов под действием Cd свидетельствует об антагонизме между ними и согласуется с результатами других исследователей. Показано угнетающее действие повышенных концентраций Cd на содержание хлорофиллов в хвое и листьях сеянцев, которое у всех изученных видов в существенно большей степени проявилось в варианте опыта с внесением металла в форме хлорида. Для всех изученных видов выявлено более высокое абсолютное содержание Cd в хвое/листьях сеянцев в вариантах с внесением хлорида и сульфата по сравнению с ацетатом Cd. По-видимому, Cd при внесении его в среду выращивания в форме неорганических солей, более эффективно поглощался корнями и, тем самым, оказывал наибольшее токсическое воздействие на растения. Результаты исследования показали, что разные соли одного и того же металла при одинаковой катионной концентрации могут быть в различной степени токсичны для растений. Это следует учитывать при разработке экотоксикологических критериев оценки состояния почвенной среды.

ТРАНСКРИПЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ГЕНОВ PR-БЕЛКОВ В ЛИСТЬЯХ КАРТОФЕЛЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ СТРЕССЕ

Еловская Н.А.[1], Калацкая Ж.Н.[1], Рыбинская Е.И.[1], Яруллина Л.Г.[2], Бурханова Г.Ф.[2], Николайчук В.В.[3], Гилевская К.С.[3]

[1]Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, г. Минск, ул. Академическая, 27, г. Минск, Беларусь, *e-mail: yalouskaya92@mail.ru*

[2]Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение фимского федерального исследовательского центра РАН, г. Уфа, Россия

[3]Институт химии новых материалов НАН Беларуси, ул. Ф. Скорины, 36, г. Минск, Беларусь

Бактерии рода *Bacillus* способны подавлять развитие патогенов растений, но достаточно чувствительны к действию неблагоприятных факторов, вследствие чего их эффективность может снижаться. Способом преодоления ограничений использования микроорганизмов может быть их комбинация с соединениями на основе хитозана. Целью работы являлось исследование транскрипционной активности генов PR-белков в листьях растений, обработанных конъюгатом хитозана с кофейной кислотой (Хит-КК) отдельно и в сочетании с бактериями *Bacillus subtilis* 47 (Хит-КК + *B. subtilis* 47), при заражении Y-вирусом картофеля в условиях оптимального и недостаточного увлажнения почвы. Обработка растений Хит-КК снижала степень инфицирования листьев в условиях оптимального и недостаточного увлажнения почвы, а смесь Хит-КК + *B. subtilis* 47 была эффективна только в условиях дефицита влаги. Конъюгат Хит-КК в оптимальных условиях выращивания способствовала повышению транскрипционной активности исследованных генов: StPR1, StPR3, StPR5, StPR6, StPR9, StPR10, кроме StMT. Комбинированный стресс, вызванный водным дефицитом и Y-вирусом, привел к значительному повышению транскрипционной активности всех исследуемых генов у обработанных растений по сравнению с оптимальными почвенными условиями. Применение Хит-КК + *B. subtilis* 47 при водном дефиците вызывало снижение уровня транскрипции исследованных генов, кроме StPR1, по сравнению с обработанными растениями из оптимальных условий. Заражение Y-вирусом обработанных смесью растений привело к увеличению транскрипционной активности генов StPR3; StPR5; StPR6; StPR9, напрямую связанных с патогенезом, по сравнению со здоровыми обработанными растениями. При комбинированном стрессе снижался уровень транскриптов всех исследованных генов по сравнению с таковым в зараженных обработанных растениях из оптимальных условий, но оставался выше по сравнению с соответствующим контролем. Таким образом, обработка растений Хит-КК способствовала повышению устойчивости картофеля к вирусной инфекции в разных условиях влажности почвы, индуцируя транскрипцию генов PR-белков. Однако снижение степени инфицирования обработанных смесью Хит-КК + *B. subtilis* 47 листьев при водном дефиците почвы, вероятно, связано с другими механизмами защиты, исследования которых будут продолжены.

ВЛИЯНИЕ ГИСТИДИНА НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА В ПРОРОСТКАХ ОЗИМОГО РАПСА, ВЫРАЩЕННЫХ НА РАСТВОРЕ ЭКЗОГЕННОЙ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Емельянова А.В., Курьянчик Т.Г.
ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси», г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: yemely.hanna@gmail.com*

Известно, что ключевые компоненты фотосинтетического аппарата имеют постоянный состав и структуру, а перестройки, связанные с адаптацией растений к меняющимся условиям, осуществляются за счет изменения их количества и соотношения в тилакоидах мембран. В связи с этим, целью данной работы явилось изучение количества фотосинтетических пигментов, а также содержание белков пигмент-белковых комплексов, в частности белка D1 реакционного центра фотосистемы II, в проростках озимого рапса, выращенных на растворе экзогенной 5-аминолевулиновой кислоты (АЛК) в концентрации 200 мг/л в присутствии 25 мМ гистидина, который является химической ловушкой (тушителем) для синглетного кислорода. Ранее нами было показано, что в проростках озимого рапса, выращенных на растворе АЛК, снижалось содержание фотосинтетических пигментов по сравнению с таковым в контрольных проростках. Наряду с этим установлено, что выращивание проростков на растворе АЛК в присутствии гистидина приводило к возрастанию содержания пигментов хлорофильной природы. Так, содержание Хл *a* возрастало на 45 %, а количество Хл *b* – на 48 % по сравнению с проростками, выращенными только на растворе экзогенной АЛК. Кроме того, в таких проростках существенно возрастало на 78 % содержание каротиноидов по сравнению с таковым в проростках, выращенных только на растворе АЛК. Также с помощью вестерн-блот анализа установлено, что выращивание проростков озимого рапса на растворе экзогенной АЛК приводило к снижению содержания белка D1 и составляло 46 % по сравнению с контрольными проростками, выращенными на воде. Вместе с тем, в проростках, выращенных на растворе АЛК в присутствии гистидина, количество белка D1 возрастало на 37 % по сравнению с проростками, выращенными только на растворе АЛК. Полученные данные указывают на ингибирующее действие высокой концентрации экзогенной АЛК на формирование структурных компонентов фотосинтетического аппарата растений. Однако, выращивание проростков на растворе АЛК в присутствии гистидина – ловушка для синглетного кислорода, снижало развитие АЛК-индуцируемых фотоокислительных процессов, что способствовало параллельному возрастанию содержания пигментов и акцептирующих их структурных белковых компонентов фотосинтетического аппарата, в частности белка D1 реакционного центра фотосистемы II.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (грант Б22М-016).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИТОГОРМОНОВ КИНЕТИНА И ЭПИБРАССИНОЛИДА НА ОБРАЗОВАНИЕ АФК ПРИ ГИПОКСИИ В РАСТЕНИЯХ СОИ РАЗНЫХ СОРТОВ

Ершова А.Н., Бердникова О.С., Возгорькова Е.О.
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Россия, г. Воронеж, ул. Ленина, 86, *e-mail: profershova@mail.ru*

Сою (*Glycine max* L.) называют перспективной бобовой культурой, отличающейся высоким содержание белка, жиров и витаминов в семенах, содержание которых значительно колеблется у разных сортов. В последние время все чаще наблюдаются экстремальные погодные условия, при которых посевы подвергаются воздействию избыточных осадков, что приводят к заболачиванию почв, а, следовательно, дефициту кислорода. Для повышения устойчивости растения стали обрабатывать различными группами фитогормонов, включая цитокинины и брассины. Для исследования были выбраны растения раннеспелых сортов сои «Белгородская 48» и более современного сорта «Оресса», рекомендованного для Центрального региона России и Белорусии. Проростки, отделенные от корней и эндосперма, поглощали с транспирационным током растворы фитогормонов и далее переносились в условия разных газовых сред на 3,6 и 24 часа. Содержание пероксида водорода, наиболее стабильной формы АФК, определяли спектрофотометрически с использованием пероксидазы и рассчитывали на мг белка. Было показано, что в растениях сои сорта «Белгородская 48» содержание пероксида водорода резко возрастало, а затем снижалось к 24 часам в условиях гипоксии до 120 %, а в CO_2-среде до 140 % по отношению к аэрируемым растениям. У растений сорта «Оресса», после небольшого увеличения, содержание пероксида возвращалось к контрольным значениям, что свидетельствует о способности растений этого сорта эффективно регулировать скорость свободно-радикальных процессов в неблагоприятных условиях среды. Предобработка кинетином и, особенно эпибрассинолидом, проростков сои сорта «Белгородская 48» уменьшала образования пероксида водорода на 20-30 % в условиях гипоксии и на 30-50 % в условиях CO_2-среды, достигая практически уровень аэрируемых растений. У растений сорта «Оресса» содержание пероксида под влиянием фитогормонов существенно снижалось, начиная с первых часов действия гипоксии и CO_2-среды, и в конце опыта становилось даже ниже уровня контрольных растений на 20-40 %, особенно при действии эпибрассинолида. Проведенные исследования показали наличие сортовых особенностей реакции растений сои на стрессовые воздействия, включая дефицит кислорода, на уровне скорости свободно-радикальных процессов, что позволяет оценить степень их устойчивости. Установлено, что для менее устойчивых сортов сои применение фитогормонов кинетина и эпибрассинолида позволяет эффективно уменьшать скорость образования АФК в клетках и, следовательно, повышать их устойчивость к стрессовым воздействиям.

ИЗУЧЕНИЕ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ *HVCBF14* И *HVCOR14B* У СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В МОДЕЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ ХОЛОДОВОГО СТРЕССА

Заинчковская А.Н.[1], Фомина Е.А.[1], Ярошевич А.В.[2], Зубкович А.А.[2], Урбанович О.Ю.[1]

[1]Государственное научное учреждение «Институт генетики и цитологии Национальной академии наук Беларуси» Республика Беларусь, 220141, г. Минск, ул. Ф. Скорины, 34, *e-mail: a.zainchkovskaya@igc.by*

[2]Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию» Республика Беларусь, 222160, г. Жодино, ул. Тимирязева, 1

*Я*чмень (*Hordeum vulgare*) является модельным объектом для изучения реакций растений на изменение климатических условий. Сегодня по объемам производства он входит в четверку ведущих зерновых культур в мире. Ячмень используется для производства пищевых продуктов, в пивоварении и в качестве корма для животных. Посевные площади ячменя в Республике Беларусь по данным на июль 2024 года составляют 438,6 тыс. га, что составляет 18,7 % от посевных площадей, занятых под зерновые и зернобобовые и 7,6 % от всех посевных площадей в стране. Растения как сидячие организмы выработали сложные биохимические и физиологические механизмы для адаптации к холодовому стрессу. Эти механизмы регулируются рядом факторов транскрипции и белков для эффективной акклиматизации. Наиболее изученным семейством факторов транскрипции (TF), ответственным за холодовую закалку и морозостойкость, является мультигенное семейство CBF/DREB1. Целью нашего исследования было изучение влияния холодового стресса на изменения уровня экспрессии генов *CBF14b* и *COR14b* сортообразцов озимого ячменя белорусской селекции в моделируемых условиях. Исследовано изменение показателей уровня экспрессии генов *HvCBF14* и *HvCOR14b* методом РТ-ПЦР в моделируемых условиях холодового стресса у устойчивых к холоду сорта Буслик, сортообразцов 990829, 990668, 989159, а также чувствительного к холоду сортообразца 9201077. Наибольшее увеличение уровня экспрессии гена *HvCBF14* в 69,20 раза было выявлено для сортообразца 990829 через 2 часа при наступлении условий -4 °С. Наименьшее увеличение уровня экспрессии указанного гена в 4,0 раза было установлено для сортообразца 990668 через 2 часа при наступлении условий +4 °С. Для гена *HvCOR14b* наибольшее увеличение уровня его экспрессии было показано для сортообразца 9201077 через 2 часа при наступлении условий -2 °С и был равен 1236,25 раза, а наименьшее – для сорта Буслик через 2 часа при наступлении условий +4 °С и был равен 7,29 раз. Показано влияние генотипа ячменя на уровень экспрессии генов *HvCBF14* и *HvCOR14b* при воздействии холодового стресса. Было выявлено увеличение экспрессии данных генов после наступления условий -4 °С у устойчивых к холоду образцов. При этом уровень экспрессии гена *HvCOR14b* в целом выше, чем гена *HvCBF14*.

ОСОБЕННОСТИ КОРНЕВОГО СНАБЖЕНИЯ В КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕЕ «ВИТАЦИКЛ-Т»

Иванова А.А.*, Беркович Ю.А.**, Смолянина С.О.**, Беляк А.М.**
*ФГБУН ГНЦРФ ИМБП РАН, РФ, Москва, Хорошевское шоссе, 76А,
e-mail: morkovka_9@mail.ru
**ФГБУН ГНЦ РФ ИМБП РАН, РФ, Москва, Хорошевское шоссе, 76А,
e-mail: berkovich@imbp.ru

В Институте медико-биологических проблем (ИМБП) при сотрудничестве с Научно-исследовательским институтом космического приборостроения (НИИ КП) проходила испытания витаминная конвейерная космическая оранжерея (КО) «Витацикл-Т». КО включает в себя систему минерального питания растений с двумя обогатительными патронами (ОП). ОП1 заполнен гранулированным соленасыщенным ионитным почвозаменителем Симплион^{TM}; ОП2 заполнен медленно действующим удобрением (МДУ) Osmocote$_{17\text{-}11\text{-}10}$ PRO 3-4M (ICL, Нидерланды). Одним из объектов испытаний КО являлся инновационный блок увлажнения и аэрации (БУА), в состав которого входит Узел приготовления питательного раствора (УППР) и 6-канальный регулятор увлажнения ионитного почвозаменителя в шести корневых модулях (КМ) растительного конвейера в вегетационном модуле КО. УППР работает следующим образом. Вода из бортового источника дозированно прокачивается в смесительную камеру через ОП1, где частично насыщается ионами нутриентов. Датчик электропроводности (ДЭ) анализирует интегральную концентрацию полученного раствора. При недостаточной насыщенности получившегося питательного раствора включается байпасный насос, пропускающий небольшую дозу раствора через ОП2 с медленно действующим удобрением (МДУ). Раствор обогащается, в основном, ионами элементов N, P, K. Затем, если концентрация раствора не превышает допустимых значений, то приготовленная доза подается в накопительные резервуары (РВ). Подача раствора из РВ осуществляется автоматически по сигналам от датчиков водного потенциала в каждом из шести КМ. Длительность испытаний составляла 50 дней. Объектом культивирования была капуста китайская *Brassica chinensis* L., сорт Веснянка (ВНИИССОК, Россия). В результате испытаний было установлено, что среднее значение удельной электропроводности (УЭП) регулировалось в пределах 1,19-1,26 мСм/см, а водный потенциал (ВП) – в пределах 0,50-0,68 кПа. Испытания показали, что система пригодна для обеспечения автоматического поддержания состава питательного раствора при конвейерном выращивании посевов листовых овощей.

ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДА КАДМИЯ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЛЬТУРЫ *CHLORELLA VULGARIS*

Ильючик И.А., Ковальчук И.А., Никандров В.Н.
Полесский государственный университет, Пинск, *e-mail: irina.iliuchik@mail.ru*

Хлорелла – зеленая микроводоросль, способная аккумулировать тяжелые металлы. Кадмий – один из наиболее токсичных тяжелых металлов, вызывающий спектр негативных биохимических сдвигов: от ингибирования активности энзимов до повреждения мембранных структур клетки. Фитотоксичность кадмия проявляется в торможении фотосинтеза, нарушении транспирации и фиксации CO_2, изменении проницаемости клеточных мембран. Нами показано, что на среде А5П (*К* – контроль) на протяжении 20 сут концентрация клеток *Ch. vulgaris* постепенно увеличивалась к концу культивирования в 2,23 раза. При добавлении в среду 10^{-8} М $CdCl_2$ наблюдалась схожая с *К* тенденция. Однако на 7-е сут уровень биомассы был ниже *К* на 20 %, а с 10-х сут она превосходила его (+25 % на 20-е сут). При 10^{-7} М $CdCl_2$ этот показатель был выше *К* на 1-е и 4-е сут, затем приближался к *К* на 10-е сут, и превышал *К* на 13-е и 17-е сут на 20 %. Внесение в среду 10^{-6} М соли, начиная с 7-х сут интенсифицировало рост культуры (превышение *К* на 26 %), достигая к 20-м сут превышения *К* в ~2 раза. При 10^{-5} М $CdCl_2$ подавлял рост культуры, угнетение относительно *К* начиналось с 4-х сут. Концентрация белка в клетках *К* возрастала к 7-ым сут в 2,56 раз, но затем снижалась на 70–85 %. Добавление в среду 10^{-8} М $CdCl_2$ в период всего культивирования снижало уровень белка в сравнении с *К*, за исключением 13-х сут (в 2,2 раза выше *К*). При 10^{-7} М $CdCl_2$ пик концентрации белка наблюдался на 17-е сут и в 3 раза превысил К. Внесение 10^{-6} М соли привело к росту содержание белка до 20-ых сут с максимумом на 13-е сут: в 2 раза выше, чем на 1-е сут. При 10^{-5} М эффектора уровень белка был относительно стабилен, и близким к *К,* достигая максимума на 20-е сут, и превосходя *К* на 160 %, что может указывать на адаптационные процессы клеток. Концентрация хлорофиллов *a* и *b* каротиноидов в *К* была на умеренном уровне, на 10-е сутки на 42 % превышая таковой на начало роста. При концентрации $CdCl_2$ 10^{-8} М на протяжении всего роста уровень хлорофиллов и каротиноидов превышал контроль до 3,5 раз, причем уровень хлорофиллов *a+b* резко рос к 13-м сут и достигал максимума на 17-е сут – почти в 5 раз выше к началу культивирования. При 10^{-7} М соли концентрация всех пигментов нарастала до 13-х сут в 3,5 раза, достигая максимума на 20-е сут. В концентрации 10^{-6} М эффектор вызвал колебания уровня пигментов, достигая наибольших значений на 7-е сут: в период 1–7 сут рост уровня составил 2,5 раза. Внесение 10^{-5} М $CdCl_2$ в динамике роста, как правило, вызвало рост концентрации пигментов в сравнении с *К* на 20–40 %, достигая пика на 17-е сут – в 2 раза превышая их уровень на 1-е сут. Итак, в концентрациях 10^{-8} и 10^{-7} М кадмий стимулировал рост культуры *Ch. vulgaris*, вызывая увеличение белка и синтеза пигментов фотосинтеза культуры, тогда как в концентрации10^{-5} М угнетал ее.

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЦЕССОВ РОСТА И МЕТАБОЛИЗМА РАСТЕНИЙ БАЗИЛИКА (*OCIMUM BASILICUM* L.) ОТ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОЙ СВЕТОКУЛЬТУРЫ

Кабачевская Е.М.[1], Суховеева С.В.[1], Трофимов Ю.В.[2], Баркун М.И.[2]
[1]Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, 220072, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: kabachevskaya@ibce.by*
[2]Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси, 220090, Логойский тракт, 20, Минск, Беларусь

Спектральный состав света влияет на рост и метаболизм растений. Быстрое развитие светодиодной индустрии обеспечивает возможность в условиях тепличного хозяйства все более точно и целенаправленно управлять спектральным составом осветительных установок и оптимизировать за счет этого производство и качество сельскохозяйственной продукции. Следует отметить, что наиболее эффективный спектр света для стимулирования различных ветвей вторичного метаболизма для большинства зеленных культур, в том числе пряно-ароматического ряда, до сих пор малоизучен. В то же время эта информация важна для оптимизации урожайности и потребительских свойств выращиваемой растительной продукции, в частности, для такой культуры как базилик. Представленное исследование посвящено оценке морфометрических, биохимических, молекулярно-генетических и биофизических параметров растений базилика двух сортов (с фиолетовыми и зелеными листьями) при их выращивании в условиях закрытой светокультуры, оснащенной экспериментальными световыми приборами на основе светодиодов, моделирующими оптическое излучение близкое к солнечному. Определено влияние спектрального состава ламп на высоту, толщину стеблей, площадь и плотность листовых пластинок, характер экспрессии генов, кодирующих ферменты синтеза биологически активных веществ, накопление различных групп полифенолов (общее содержанием полифенолов, содержание гидроксикоричных кислот, антоцианов) в клетках листьев базилика. Определено влияние светового спектра на функциональное состояние фотосинтетического аппарата листьев базилика. Выявлены корреляционные связи между параметрами экспериментальных светодиодных ламп и основными ростовыми и метаболическими характеристиками растений базилика. Среди протестированных светодиодных ламп выявлены наиболее эффективные для роста растений базилика и накопления в их тканях ценных биологически активных веществ в условиях закрытой светокультуры.

НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ГРИБНОЙ ИНФЕКЦИИ

Кабашникова Л.Ф., Лукша В.И., Пашкевич Л.В., Артемчук Я.Н., Даркович М.А., Гордиенко С.С.
Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: kabashnikova@mail.ru*

В настоящее время нанотехнологии широко применяются в растениеводстве и обладают огромным потенциалом для защиты сельскохозяйственных культур. Учитывая современный прогресс в разработке и применении наноматериалов, нанотехнологии могут оказаться очень эффективными в качестве альтернативы синтетическим фунгицидам в борьбе с возбудителями заболеваний растений, снижая дозы применения пестицидов. Актуальным представляется выяснение характера действия наночастиц (НЧ) серебра (500 ppm) с разными стабилизаторами (полиэтиленгликоль – ПЭГ, карбоксиметилцеллюлоза – КМЦ и олеат натрия) на рост и развитие возбудителя гельминтоспориозной корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* Shoem. в культуре in vitro, а также на параметры роста и развития проростков яровой пшеницы, инфицированных данным грибом. Показано, что НЧ серебра оказывают сильный ингибирующий эффект на жизнеспособность патогенного микромицета *B. sorokiniana*, причем наиболее выраженным фунгистатическим эффектом обладают НЧ серебра с ПЭГ и КМЦ в качестве стабилизаторов. Ингибирование роста грибного мицелия в данных вариантах составило 76,07 и 90,57 % соответственно. Предобработка 5-дневных проростков пшеницы НЧ серебра оказала положительное действие на пигментный фонд зеленых проростков пшеницы на фоне искусственного заражения, что имеет важное значение для нормального функционирования хлоропластов пшеницы и сохранения биологической продуктивности растений в условиях развития грибной инфекции. Наиболее значимый защитный эффект на содержание зеленых и желтых пигментов оказывают НЧ серебра с ПЭГ в качестве стабилизатора. Уровень фенольных соединений, выполняющих протекторную роль при различных стрессовых воздействиях у растений, после обработки НЧ серебра с различными стабилизаторами повышался на 14-23 % в инфицированных проростках. На фоне роста содержания полифенолов снижался уровень перекисной деградации липидов в инфицированных листьях пшеницы, обработанных НЧ. Полученные результаты показывают, что НЧ серебра с разными стабилизаторами оказывают как прямое антифунгальное воздействие на культуру грибного патогена, так и влияют на изменение физиолого-биохимических процессов в зараженных растениях, запуская адаптивные механизмы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Б22АЗГ-004).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРАЙМИРОВАНИЯ СЕМЯН БОБОВЫХ КУЛЬТУР РАСТИТЕЛЬНЫМИ ФИТОПРЕПАРАТАМИ

Кайгородова И.М.[1], Козарь Е.Г.[1], Мащенко Н.Е.[2]
[1]Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства», 143080, Московская обл., Одинцовский городской округ, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14, *e-mail: kaigorodova-i@mail.ru*
[2]Институт генетики, физиологии и защиты растений АНМ, Молдова, Кишинев

Большое внимание уделяется разработке новых эффективных экологически чистых способов повышения продуктивности и стрессоустойчивости растений с помощью различных физиологических систем. Такие системы включают использование природных веществ с высокой биологической активностью, которые в низких концентрациях безвредны для человека, насекомых и животных, не загрязняют окружающую среду. Федеральный научный центр овощеводства совместно с институтом генетики, физиологии и защиты растений Республики Молдова проводит испытание различных фитопрепаратов на основе вторичных метаболитов высших растений для рекомендации их включения в современные агробиотехнологии. Оценка эффективности применения при праймировании семян 13 фитопрепаратов на основе биологически активных соединений различной химической природы из 11 видов шести семейств высших растений позволила выделить по совокупности положительных эффектов действия три наиболее перспективных биопрепарата – Вербаскозид, Молдстим и Физалиозид. Установлена оптимальная концентрация 0,01 % их водных растворов и способ обработки семян бобовых культур путем предпосевного смачивания с последующим подсушиванием. Полевые испытания показали их иммуномодулирующее и ростостимулирующее действие, которое способствовало повышению устойчивости растений к распространенным в регионе на бобовых культурах болезням, что выражалось в существенном снижении степени их развития. Так, биологическая эффективность действия в зависимости от сорта и года исследований составила: у гороха овощного против фузариоза – 75-94 %, антракноза – 2-59 %, аскохитоза – 17-83 %; у фасоли овощной против фузариоза 0-73 %, вирозов – 40-87 %, бактериозов – 5-95 %; у бобов овощных против аскохитоза и антракноза – более 80 %, вирозов – 50-92 %, шоколадной пятнистости – от 56 до 98 %. Это позволило опытным растениям гороха сформировать продуктивность зеленого горошка выше контроля на 12-22 % у сорта Корсар и на 12-13 % у сорта Барин; фасоли – зеленых бобов (лопатка) выше контроля на 8 % у сорта Лика и на 32-49 % у сорта СиБемоль; бобов – продуктивность семян была выше контроля на 26-33 % у сорта Велена и на 12-21 % у сорта Белорусские, при этом выход нестандартных семян (поврежденных болезнями, невыполненных) был на 5-12 % ниже контроля. То есть, природные биорегуляторы можно рассматривать как составную часть системы предпосевной подготовки семян с целью повышения продуктивности и устойчивости к болезням.

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИСАХАРИД-СЕРЕБРО И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБРАБОТАННЫХ РАСТЕНИЙ СОИ В ФАЗАХ ЦВЕТЕНИЕ-ОБРАЗОВАНИЕ ПЛОДОВ

Калацкая Ж.Н.[1], Герасимович К.М.[1], Рыбинская Е.И.[1], Еловская Н.А.[1], Величко Н.И.[1], Ламан Н.А.[1], Гилевская К.С.[2], Николайчук В.В.[2], Закирова Р.П.[3]
[1]Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь, *e-mail: kalatskayaj@mail.ru*
[2]Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Республика
[3]Институт химии растительных веществ им. акад. С.Ю. Юнусова Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан

Одним из путей повышения продуктивности растений сои может стать их обработка индукторами устойчивости (элиситорами). Поскольку действие элиситоров не всегда вызывает достаточный уровень индуцирования устойчивости, продолжаются попытки усовершенствовать их защитное действие. Одним их способов повышения биологической активности углеводных элиситоров, является их химическая модификация, позволяющая получать производные с повышенной растворимостью, антимикробными свойствами, ростостимулирующей и антиоксидантной активностью. Нанокомпозиты полисахарид-серебро, синтезированные с использованием восстановительного и стабилизирующего потенциала полисахаридов, таких как хитозан или пектин, являются биосовместимыми и могут обладать свойствами, присущими каждому из компонентов, в том числе возможна реализация синергетического действия. Проведен анализ антиоксидантной активности образцов нанокомпозитов: Хит-Ag #4 (с(Хит)= 30,9 мг/мл, с(Ag)=0,196 мг/мл), Хит-Ag #5 (с(Хит)= 30,9 мг/мл, с(Ag)=1,96 мг/мл), Classic25-Ag (с(Пект)= 7,5 мг/мл, с(Ag)=0,19 мг/мл), Amid25-Ag (с(Пект)= 7,5 мг/мл, с(Ag)=0,19 мг/мл). Показано, что нанокомпозиты обладают восстанавливающей активностью и проявляют выраженную антирадикальную активность. Максимальную активность проявляют нанокомпозиты на основе хитозана: значения IC50 составляют $1{,}0*10^{-3}$ и $1{,}3*10^{-3}$ мг/мл для исходного гидрозоля и восстановленного сухого порошка, соответственно. Наибольшим восстанавливающим потенциалом обладают нанокомпозиты хитозан-серебро с массовым соотношением компонентов 10:1: количество нанокомпозита необходимого для восстановления 1 мкмоль радикала ABTS составляет 0,32 мкмоль в пересчете на серебро. В полевых опытах при обработке растений сои Хит-Ag #5 на стадии начало цветения выявлено увеличение содержания белков и повышение антиоксидантной активности в листьях растений, а в фазе цветение-образование плодов обработки Хит-Ag #5 и Amid25-Ag приводили к повышению содержания фотосинтетических пигментов и углеводов в листьях растений. Применение нанокомпозита Amid 25-Ag также способствовало увеличению практически в 2 раза количества образованных клубеньков на корнях растений.

Работа поддержана грантом БРФФИ Б23УЗБ-084.

АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ НАДЗЕМНОЙ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN) И ЗОЛОТАРНИКА КАНАДСКОГО (*SOLIDAGO CANADENSIS* L.) НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ТЕСТ-КУЛЬТУРЫ

Карасёва Е.Н., Прохоров В.Н., Позняк А.С., Азза М.Д., Бабков А.В., Сак М.М., Гриц А.Н.

Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф.Купревича НАН Беларуси, 220072, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: ledymc_net@mail.ru*

Для многих стран инвазивные чужеродные виды представляются даже более серьезной по сравнению с изменением климата угрозой. Отмечается, что распространение инвазивных видов - одна из основных угроз сохранению биологического разнообразия. Считается, что они входят в пятерку основных угроз биоразнообразию во всем мире. Проявление инвазионной активности многие исследователи связывают с аллелопатической активностью растений, а аллелопатическое влияние инвазивных растений как один из основных факторов, влияющих на скорость их распространения. В этой связи многими авторами, отмечается важность проведения скрининга растений на выявление у них аллелопатической активности, в том числе путем использования экстрактов, полученных из тканей инвазивных видов, как быстрого способа ее определения. Исходя из этого цель исследований – изучение влияния водных экстрактов различных концентраций на рост проростков тест-культуры (редис посевной). Аллелопатическую активность определяли на основе изучения влияния водных экстрактов различных концентраций (10 %, 1 %, 0,1 %, 0,01 %, 0,001 %), полученных из сухой надземной биомассы изученных инвазивных видов на рост проростков тест-культуры. Проведенные лабораторные опыты показали, что 10 %-ные концентрации водных экстрактов, полученные из надземной биомассы растений борщевика Сосновского и золотарника канадского, оказывают очень сильное ингибирующее действие на линейный рост проростков редиса посевного. Причем водный экстракт из растений борщевика Сосновского обладает более сильным ингибирующим эффектом, чем экстракт из растений золотарника канадского. Соответственно длина проростков тест-культуры составила только 11,5 % и 20,1 % в сравнении с контролем. Это указывает на более высокую аллелопатическую активность борщевика Сосновского, по сравнению с золотарником канадским. 1 %-ная концентрация обладала стимулирующим эффектом (соответственно 117,6 % и 107,7 %). Меньшие концентрации (1 %, 0,01 %, 0,001 %) либо оказывают небольшое стимулирующее действие на рост проростков тест-культуры, либо их влияние отсутствует.

Работа выполнена в рамках задания «Аллелопатический потенциал наиболее агрессивных инвазивных видов растений Беларуси как научная основа оценки их угроз биоразнообразию и создания экологически безопасных биорегуляторов». ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда».

НОВЫЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГУЛЯТОР РОСТА РАСТЕНИЙ СТИМАКЛЮР НА ОСНОВЕ *MACLURA POMIFERA* (RAF.) SCHNEID.

Каширских Ю.В.
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений (ФГБНУ «ВНИИЗР), Воронежская область, Рамонский район, пос. ВНИИСС, д.92,
e-mail: biometod@mail.ru

Регуляторы роста растений, благодаря своим ценным качествам и экологической безопасности, являются важнейшим элементом новых агротехнологий в органическом земледелии и современных системах возделывания сельскохозяйственных культур. В настоящее время в мире синтезировано более восьми тысяч различных соединений, влияющих на физиологическую активность растения. Однако, в этом списке очень мало соединений, имеющих биологическую природу, то есть, веществ, продуцируемых самими растениями. Одним из продуцентов физиологически активных веществ для создания регулятора роста является маклюра оранжевая (*Maclura pomifera* (Raf.) Schneid). Маклюра богата витаминами, органическими кислотами и их эфирами. Это – мощный природный антибиотик, иммуномодулятор и антиоксидант. Также, она содержит большой набор вторичных метаболитов, которые могут участвовать в сигнальных системах клеток растений в качестве элиситоров. В последние годы в ФГБНУ «ВНИИЗР» ведется разработка нового многокомпонентного полифункционального регулятора роста растений на основе плодов маклюры оранжевой с условным названием Стимаклюр. Полевые рекогносцировочные испытания Стимаклюра на ряде сельскохозяйственных культур показали его полифункциональность, достаточно высокую эффективность. Эффективность иммунизирующего действия Стимаклюра (от 18 до 66 %) зависит, нормы его применения, от вида вредного объекта и уровня инфекционного фона. При более высоких значениях развития и распространенности заболеваний биологическая эффективность иммунизатора снижается. При этом в растениях на биохимическом уровне отмечается повышение содержания салициловой кислоты и усиление пероксидазной активности, что является доказательством сигнального действия препарата. За счет влияния на гормональную систему растений усиливалась ростовая активность, в частности площадь листьев на различных культурах увеличивалась на 12-26 %, продуктивная кустистость зерновых – на 5-10 %. В растениях под действием Стимаклюра в большинстве случаев отмечалось усиление фотосинтетической активности, содержание хлорофилла в листьях увеличивалось на 12-25 %. При оптимальных технологических регламентах применения препарата максимальные прибавки урожая составляли: на озимой пшенице – до 23,7; на яровом ячмене – до 18,8 %, на сое – до 10,8 %. Полевые испытания препарата на основе маклюры оранжевой доказали его перспективность для использования в качестве регулятора роста растений после разработки оптимальных технологических регламентов применения.

РОСТОВОЙ ОТВЕТ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПРОРОСТКОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ОБРАБОТКУ СЕМЯН А-НАФТИЛУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ

Кем К.Р., Ламан Н.А.
ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси», г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: kem-666@mail.ru*

В растениеводстве α-нафтилуксусная кислота (α-НУК) известна как стимулятор роста и морфогенеза у растений, однако в высоких концентрациях она, как и фитогормон ауксин, оказывающий сходное действие на растения, ингибирует рост корневой системы проростков. Для обоснования возможности включения α-НУК в качестве компонента в защитно-стимулирующие составы, возникла необходимость изучения эффектов ее действия на растения в различных концентрациях и построения соответствующей кривой зависимости доза-эффект. При исследовании зависимости доза-эффект в действии α-НУК на проростки льна-долгунца и ярового ячменя был использован диапазон концентраций от $1{,}9 \cdot 10^{-6}$ до 1,0 % с повариантным изменением концентрации в 1,25 раза (всего 60 вариантов). Учитывали длину корня и надземной части проростков. Измерения проводили на 7 и 9-ые сутки. Опыт проводился на проростках льна-долгунца сорта Грант и ярового ячменя сорта Радзимич методом рулонной культуры. Выявлено, что средняя длина корней у проростков ярового ячменя не превышала среднюю длину корней контрольного варианта в диапазоне концентраций от $1{,}9 \cdot 10^{-6}$ до $2{,}8 \cdot 10^{-2}$ %. От концентрации $3{,}5 \cdot 10^{-2}$ % и выше наблюдалось плавное ингибирование роста корневой системы при нарастании концентрации изучаемого соединения. В опыте со льном-долгунцом обнаружена небольшая зона стимуляции роста корневой системы в диапазоне концентраций от $7{,}3 \cdot 10^{-6}$ до $1{,}8 \cdot 10^{-5}$ %. Величина стимуляции в наивысшей точке имела показатель 109,7 % по отношению к контролю, однако расчеты показали, что она не имеет статистически достоверного преимущества. Концентрация, при которой начиналось ингибирование роста корня проростков льна, составляла $3{,}5 \cdot 10^{-2}$ %, как и в экспериментах с яровым ячменем. В отличие от кривых зависимости доза-эффект, построенных в предшествующих экспериментах для гербицидов N-фосфонометилглицина (глифосата) и метсульфурон-метила, кривая для α-нафтилуксусной кислоты имеет более плавное нарастание угнетения роста корня, без перепадов и выраженной зоны «резкого ингибирования».

ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ БРАССИНОЛИДА НА РОСТ ПРОРОСТКОВ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВЫСОКИМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ А-НАФТИЛУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Кем К.Р., Ламан Н.А.
ГНУ «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича НАН Беларуси», г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: kem-666@mail.ru*

Известно, что наиболее выраженную активность брассиностероиды (БС) проявляют в неблагоприятных условиях, мобилизуя иммунную и антистрессовую систему организмов. Для исследования действия БС в широком диапазоне концентраций был выбран химический стресс, вызываемый высокими концентрациями α-нафтилуксусной кислоты (стимулятор роста). В предшествующих исследованиях уже было изучено действие различных БС на фоне стрессов, вызванных гербицидом N-фосфонометилглицином и засолением (NaCl), а также определен диапазон концентраций, в котором максимально выражено протекторное действие БС на рост корневой системы проростков. Для изучения особенностей действия брассиностероидов в смеси с ингибирующей дозой α-нафтилуксусной кислоты была выбрана концентрация 0,5%, а в качестве одного из БС – брассинолид. Как и в экспериментах, проведенных ранее, целью исследования было выявление диапазона концентраций брассиностероидов, в котором наблюдались бы устойчивые их протекторные действия на ростовые реакции корневой системы проростков изучаемых культур на фоне химического стресса. Диапазон концентраций брассинолида в опыте составил от $1{,}9 \cdot 10^{-10}$ до $1{,}0 \cdot 10^{-4}$ М, всего 60 вариантов. Учитывали длину корня и надземной части проростка. Измерения проводили на 7 и 9-ые сутки. В результате исследования действия БЛ на фоне химического стресса, вызванного α-нафтилуксусной кислотой, были получены следующие данные. Выявлено, что действие брассинолида в определенных диапазонах концентраций имеет стресс-протекторный характер, ослабляя ингибирующий эффект α-НУК на рост проростков обеих культур. В опыте со льном-долгунцом диапазон активных концентраций БЛ составил от $3{,}4 \cdot 10^{-7}$ до $2{,}8 \cdot 10^{-6}$ М, а с яровым ячменем – от $5{,}1 \cdot 10^{-8}$ до $2{,}3 \cdot 10^{-6}$ М. Также можно отметить видовую специфичность ростовой реакции двух культур: диапазон БЛ в опыте с яровым ячменем почти в два раза шире, чем аналогичный диапазон в опыте со льном-долгунцом. Отмечено также, что в случае с яровым ячменем наблюдается более сильное адаптогенное действие брассинолида. Так, ослабление ингибирования роста корня в диапазоне активных концентраций БЛ у ярового ячменя составляет 23,6 % (к контролю α-НУК без БЛ), тогда как у льна-долгунца 19,1 %.

ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ДЕСТРУКТОРА В СЕВООБОРОТ КУЛЬТУРЫ

Колесникова М.В.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», п. ВНИИСС, *e-mail: emarvlad@mail.ru*

В повышении урожаев сахарной свеклы особая роль принадлежит органическим удобрениям, которые являются богатым источником основных элементов питания и микроэлементов, активизируют микробиологические процессы в почве, снижают ее кислотность, повышают содержание углекислого газа в приземном воздухе и обогащают почву гумусом. Одним из наиболее доступных, мало затратных и постоянно возобновляемых источников органических удобрений является солома зерновых культур. В зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения ЦЧР солома полностью разлагается за 3-5 лет в зависимости от погодных условий года. Ускорить её разложение и снизить токсичность почвы можно с помощью специализированных микроорганизмов. В лабораторных опытах установлено, что с помощью штамма микроорганизма, на который был получен патент РФ на изобретение («Штамм микромицета *Humicola fuscoatra ВНИИСС 016* – деструктор целлюлозосодержащих субстратов», RU 2675311 C1, 18.12.2018) скорость разложения соломы озимой пшеницы увеличивается на 50 %. Вначале в мелкоделяночных, а в дальнейшем с расширением опыта до масштаба близкого к производственному было продолжено изучение штамма *Humicola fuscoatra* ВНИИСС 016 в технологии возделывания сахарной свёклы. Осенью вносили солому озимой пшеницы из расчета 4 т/га и проводили дисковое лущение. Затем, вносили: целлюлозолитический микромицет, питательную добавку (ПК) и минеральный азот (аммиачную селитру) в дозе 40 кг/га д. в. После внесения всех компонентов проводили зяблевую вспашку. Весной высевали гибрид сахарной свёклы Рамоза. Технология возделывания культуры − общепринятая для ЦЧР. Многолетние наблюдения показали, что после запашки соломы озимой пшеницы совместно с микромицетом, минеральным азотом и ПК в начале вегетации сахарной свёклы содержание щелочногидролизуемого азота в почве увеличилось в 2,5 раза в сравнении с контролем (56,9 мг/кг). Анализ данных по продуктивности сахарной свёклы показал, что максимальная прибавка урожая культуры отмечена при запашке соломы озимой пшеницы совместно с микромицетом, питательной добавкой в комплексе с аммиачной селитрой (8,9 т/га). Сахаристость выросла на 0,3 %, что привело к увеличению сбора сахара на 1,6 т/га. Таким образом, для увеличения продуктивности сахарной свёклы, а также сохранения и повышения эффективного плодородия почвы рекомендуется использовать солому озимой пшеницы с аммиачной селитрой и целлюлозолитическим микромицетом *Humicola fuscoatra ВНИИСС 016.*

ФАКТОРЫ АДАПТАЦИИ *PICEA ABIES* К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Колмаков П.Ю., Жерносеков Д.Д.
Витебский государственный университет имени П.М. Машерова, г. Витебск, пр-т Московский 33, *e-mail: pavel_kolmakov@list.ru*

Растительному покрову любого естественноисторического региона присуще динамическое состояние, обусловленное не только экзогенными, но и эндогенными причинами. В связи с техногенной трансформацией территории в районах с развитой промышленностью и интенсивным сельским хозяйством особый интерес представляли изменения структуры растительного покрова в условиях мощного антропогенного давления (экзогенные факторы). Анализ экзогенных факторов изменения естественной растительности имеет огромное значение для представления дальнейшей динамики состава флоры того или иного естественноисторического региона. Особенность антропогенного воздействия на растительный покров Беларуси состоит в том, что её территория находится в месте соприкосновения двух различных геоботанических областей: Евразиатской хвойно-лесной и Европейской широколиственной. С внедрением современных методов генетического анализа и разработки методик изучения молекулярных механизмов консолидации разнородных организмов появилась возможность для более тщательной оценки влияния эндогенных факторов на растительность. Было показано, что под влиянием экзогенных антропогенных и эндогенных биологических факторов, связанных с колебаниями климата, происходят обратимые локально-временные изменения границ распространения видов. Этот процесс можно показать на модельной системе «*Picea abies* (L.) H.Karst. – эктомикоризные грибы». Особый интерес при реализации поставленной задачи играют системы, где растительный компонент имеет зональные черты в своем распространении на определенной территории, а грибной компонент чёткую эколого-трофическую структуру. Помимо хорошо изученных экзогенных факторов формирования ареала распространения *Picea abies* на территории Беларуси, существуют и эндогенные, основанные на консортивных связях в природе. Анализируя результаты экзогенной и эндогенной консолидации в системе «*Picea abies* (L.) H.Karst. – эктомикоризные грибы», можно сделать следующие выводы: 1. *Picea abies* имеет более обширный ареал своего распространения, чем это можно было ожидать; 2. *Russula* характеризуется мощной дивергенцией в видообразовании, что согласуется с моделью «обобщенного коэффициента дивергенции» как эволюционного процесса. 3. Толчком к формированию консолидации, скорее всего, послужил переход климата от более равномерного и однородного в эоцене к контрастно-прохладному в начале эпохи олигоцена.

ОРГАНОГЕНЕЗ *IN VITRO* РЕГЕНЕРАНТОВ БЕРЁЗЫ НА ФОНЕ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ САХАРОЗЫ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Константинов А.В., Емельянова О.В., Комарова В.А., Полевикова Е.Н., Острикова М.Я., Кирьянов П.С.
ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», 246050, г. Гомель, ул. Пролетарская 71, Беларусь, *e-mail: avkonstantinof@mail.ru*

При депонировании хозяйственно-ценных генотипов древесных растений ключевой задачей выступает снижение рисков возникновения сомаклональной изменчивости, чему способствует оптимизация условий культивирования, в том числе, исключение экзогенных фитогормонов из состава питательных сред, при этом роль индукторов морфогенеза могут выполнять углеводы. Целью исследований являлось выявление особенностей развития регенерантов березы *in vitro* при повышенных концентрациях сахарозы для оптимизации условий минимального роста перевиваемой коллекции. Объектами исследования были стабильные культуры *in vitro* различных представителей рода *Betula* L.: *Betula pubescens* Roth. (клоны 6-161/3 и 171-б), *B. pendula* Roth. var. *carelica* (Mercklin) Hämet-Ahti, (клоны кб76 и С08419), *B. pubescens* Ehrh. (клон бп3ф1), а также межвидовой гибрид *B. pendula*×*B. pubescens* (клон 52-84/8). 2-хмесячные регенеранты, полученные на безгормональной модифицированной питательной среде, включающей макросоли WPM (G. Lloyd & B. McCown, 1980), микроэлементы и витамины по прописи MS (Murashige & Skoog 1962), сахарозу (30,0 г·л$^{-1}$) и микробиологический агар (7,0 г·л$^{-1}$), микрочеренковали в стеклянные сосуды объемом 200 мл на среды аналогичного состава, но содержащие сахарозу в различных концентрациях: 30,0 (контроль), 45,0; 60,0; 75,0; 90,0 г/л.и культивировали в термостатированном помещении при температуре 23±1°С и постоянном освещении интенсивностью около 3,5 тыс. люкс люминесцентными лампами OSRAM L 36 W /765 Daylight. В результате эксперимента было отмечено двукратное снижение высоты стволиков регенерантов берёзы в ряду концентраций 30-75 г/л с 2,5 ± 0,6 - 4,1 ± 1,4 мм до 1,2 ± 0,5 - 2,1 ± 0,8 см. В то же время в отношении ризогенеза не отмечено сходного влияния. Так, даже в присутствии 75,0 г/л сахарозы средняя длина корня варьировала в пределах 3,0 ± 1,5 - 4,7 ± 2,1 см (2,6 ± 0,9 - 5,4 ± 2,8 см в контроле) статистически достоверных различий не выявлено. Указанные особенности морфогенеза были характерны для всех испытанных клонов. Субкультивирование микрочеренков на стандартную среду с 30,0 г/л сахарозы обеспечивало нормальное развитие растений. Высокие концентрации сахарозы замедляют ростовые процессы микропобегов березы, не влияя на их способность к укоренению. Выявленные закономерности морфогенеза регенерантов при изменении концентрации источника углерода обеспечивают повышение сроков беспересадочного хранения культур, сохраняя коллекционный материал в условиях *in vitro* с возможностью накопления растительного материала для эффективного микроклонального размножения видов и гибридов рода *Betula* L.

ПРИМЕНЕНИЕ БАКОВЫХ СМЕСЕЙ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ В ПОСЕВАХ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Копылович С.В., Снежинский А.А.
РУП «Институт льна», аг. Устье, Оршанский район, Витебская область, Беларусь, 211003, *e-mail: institut-len@yandex.by*

Одним из важных ресурсов повышения биологической и экономической эффективности применения химических средств защиты растений является использование баковых смесей. В последнее время сельхозпроизводители в целях сокращения производственных затрат стремятся использовать для внекорневой обработки многокомпонентные баковые смеси, в состав которых входят пестициды, водорастворимые удобрения, микроэлементы в хелатной форме и регуляторы роста. На основании проведенных исследований установлено, что применение баковых смесей, включающих гербицид совместно с регулятором роста, фунгицидом, внекорневыми подкормками азотным удобрением, микроудобрением в различные фазы вегетации не оказало влияния на полевую всхожесть, выживаемость и сохраняемость растений. Данные показатели были на уровне значений базовой технологии: 80,0 %, 77,5 %, 96,9 % соответственно. Совместное применение гербицида с регулятором роста и микроудобрением в разных сочетаниях в период быстрого роста обеспечивало повышение урожайности льносемян. Наибольшая прибавка (2,2 ц/га) отмечена при совместном применении гербицида и регулятора роста. В период быстрого роста совместное применение гербицида с регулятором роста и микроудобрением в разных сочетаниях повышало урожайность льноволокна максимально на 2,6 ц/га, в т. ч. длинного – на 1,6 ц/га. Анализ качества льноволокна показал, что при применении баковых смесей гербицида с регулятором роста, фунгицидом, микроудобрением и азотным удобрением в фазе «елочка» качество волокна было выше на один номер в сравнении с базовой технологией и соответствовало номеру 10. При применении баковых смесей гербицида с регулятором роста и азотным удобрением в период быстрого роста получен максимальный номер льноволокна 11. Применение баковых смесей фунгицида с регулятором роста, борной кислотой и азотным удобрением обеспечивало повышение качества льноволокна на 1–2 номера по сравнению с базовой технологией. Совместное применение гербицида с регулятором роста и микроудобрением в разных сочетаниях в период быстрого роста льна повышало элементы структуры урожая. По сравнению с контролем количество коробочек на растении увеличилось на 0,1–0,2 шт., число семян в коробочке – на 0,2 шт., и масса 1000 семян – на 0,3 г. Применение баковых смесей в разные фазы вегетации обеспечило снижение производственных затрат: при применении двухкомпонентных баковых смесей – на 14,00 рублей, трехкомпонентных смесей – на 27,99 рублей с 1 га.

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ *IN VITRO* ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

Корнацкий С.А. Смирнова С.Г.
Российский университет дружбы народов, 6, ул. Миклухо-Маклая, Москва, Россия,
e-mail: kornatskiy_sa@pfur.ru

Очевидность решающего значения оптимальных уровней абиотических факторов в жизнеспособности растительного материала *in vitro* неоспорима. Относительно давно уже известно о существовании микроорганизмов, способных колонизировать внутренние ткани растений, не вызывая при этом очевидных симптомов заболеваний и не оказывая явного патологического влияния на их развитие. Эти микроорганизмы получили название эндофитные бактерии и, предположительно, каждый растительный вид может быть заселен одним или несколькими видами этих бактерий. Пока небольшое число растительных таксонов изучено на предмет сосуществования с эндофитными бактериями, но уже известна их способность ингибировать развитие фитопатогенов, синтезировать гормоны и витамины. Установлено, что эндофитные бактерии, проникая внутрь тканей растений, локализуются в межклеточных пространствах. В связи с этим, есть все основания для рассмотрения данного факта в отношении длительно культивируемых видов в условиях *in vitro*, в частности земляники садовой, процесс размножения которой часто сопровождается эпизодическими проявлениями бактериального загрязнения. Явление носит мало предсказуемый характер и выражается в возникновении помутнений, вуалей, мелкой зернистости в зоне контакта растений с питательной средой, особенно, по времени ближе к окончанию очередного пассажа. В достаточно стабильных условиях светокомнаты возможны сильные колебания интенсивности данного эффекта. Наблюдения показали, что это происходит в тот момент, когда конгломерат побегов разрастается и уплотняется настолько, что заполняет всю свободную площадь культивационного сосуда (пробирки) и перекрывает доступ воздуха к зоне контакта растения со средой, что свидетельствует об анаэробной природе микроорганизмов. В начальных пассажах, когда коэффициент размножения не велик и еще не стабилизировался, визуально невозможно идентифицировать наличие бактериальной инфекции. В результате, такие культуры чаще всего признаются стерильными и включаются в схему размножения. Как следствие, формируются устойчиво инфицированные клоны, сильно снижается продуктивность побегообразования и размножения в целом, поскольку происходит интоксикации материала продуктами жизнедеятельности бактерий. По-видимому, на этапе введения в культуру традиционных приемов поверхностной стерилизации явно недостаточно и требуется использование провокационных фонов для выявления и полной выбраковки подобного материала.

МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ РАСТЕНИЙ *LINUM USITATISSIMUM* L. В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ СОЛЕВОГО СТРЕССА

Королёв К.П.
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет», 625003, г. Тюмень, ул. Володарского, 6, *e-mail: korolevkonstantin799@gmail.com*

Повышение устойчивости сортов культурных растений в связи с глобальными климатическими изменениями является важной и актуальной задачей. Для ее решения необходим поиск толерантных видов, изучение изменчивости фенотипических признаков растений. В лабораторном опыте (климатическая камера с освещенностью 5000лК, влажностью 60,0 %) в двух условиях моделируемого солевого провокационного фона (среда E1 – 1,0 % NaCl и среда E2 – 1,6 % NaCl) в вегетационных сосудах (объем почвы 280,0 г/сосуд, раствора по 80 мл / сосуд, 15 семян на 1 сосуд) изучали 10 сортов льна масличного G1 (Северный), G2 (Небесный), G3 (Брестский), G4 (Радуга), G5 (Илим), G6 (ВНИИМК 620), G7 (Янтарь), G8 (Лирина), G8 (Микс), G10 (Абакус), контроль – выращивание растений без внесения селективного агента. Повторность опытов – 4-кратная, размещение – рендомизированное. На основе дисперсионного анализа (ANOVA) установлены достоверные ($p<0,05$, $p<0,01$) различия между изученными генотипами льна по морфофизиологическим показателям. Установлено, что в общей структуре фенотипической изменчивости наибольший вклад вносили средовые условия (фактор E, 53,52-64,80 %), генотип-средовое взаимодействие (фактор GxE, 61,34 – 33,96 %), влияние генотипа (фактор G) было на уровне 46,87 – 20,99 %. По результатам выполненного AMMI анализа три первые компоненты (IPC1, IPC2, IPC3) оказывали достоверное влияние ($p<0,01$) на формирование 61,11-20,13 % вариации тестируемых критериев. Наибольшая устойчивость сортов сформирована в среде E1 (1,0 % NaCl) по высоте растений (G1, G3, G9, G10), индексу листа (G1, G3, G5), числу листьев (G1, G3, G10) содержанию хлорофилла в листьях растений (G1, G2, G4, G8), длине побега (G1, G6, G9), длине (G1, G5, G7, G9) и сырой массе корня (G1, G3) и среде E2 (1,6 % NaCl) по числу листьев (G1, G3), содержанию хлорофилла (G1, G4), длине побега (G1, G6), его сырой (G1,G6) и сухой (G6) массе. К генотипам с комплексной устойчивостью в двух средовых условиях (E1, E2), отнесены G1, G3, G6, которые можно рекомендовать в качестве нового исходного материала для адаптивной селекции льна масличного на устойчивость к солевого стрессу.

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

Косогова Т.М.
ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», 291011, Россия, г. Луганск, ул. Оборонная 2, *e-mail: kosogova@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,* выращенных из зерновок, обработанных 6-бензиламинопурином (6-БАП) и гиббереллловой кислотой (ГК). Интенсивность красного и синего света соответственно составляла 0,12 и 0,18 Вт/м^2. Свет разного спектрального состава выравнивали по количеству падающих квантов (Опачко И.И.). С целью выделения *RUBISCO* 1 г листьев измельчали с 5 мл 50 мМ трис-HCl-буфера (pH 8,0), который содержал 10 мМ $MgCl_2$, 5 мМ дитиотреитола и 1 мМ ЭДТА (при температуре 2–4 ^{o}C). 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 ^{o}C по скорости включения $NaH^{14}CO_3$ 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 свету). 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.

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

АНАЛИЗ ПОРАЖЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ ФИТОПАТОГЕНАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДОВ ЦИФРОВОГО ФЕНОТИПИРОВАНИЯ

Кощиц Т.О.[1*], Прохорчик П.О.[1], Бондаренко В.Ю.[1], Демидчик В.В.[2]
[1]Белорусский государственный университет, пр-т Независимости, 4, Минск, Беларусь, *e-mail: tanya.koschits@icloud.com
[2]Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь.

Цифровой анализ изображений позволяет выявлять и классифицировать симптомы поражений растений патогенными организмами, что может быть полезным для разработки инновационных стратегий защиты растений от фитопатогенов. Целью настоящего исследования являлось установление особенностей поражений листьев декоративных растений патогенными организмами с использованием технологии машинного обучения и цифрового фенотипирования. Работа базировалась на изображениях поражения растений фитопатогенами, собранных при с помощью цифровых зеркальных фотоаппаратов (Canon EOS 600D; Nikon D3400) на территории Учебно-опытного республиканского унитарного предприятия «Щемыслица БГУ» и Памятника природы «Дубрава», а также путем извлечения изображений из внешних баз данных свободного доступа. Изображения классифицировались по типам поражения и снабжались метками, соответствующими 11 классам поражений: ожоги, мучнистая роса, хлорозы, пятнистости, черная гниль, ложная мучнистая роса, вирус мозаики, ржавчина, парша, трипсы и белокрылки. Для классификации типов поражения декоративных растений фитопатогенами в данной работе использовалось семейство нейронных сетей EfficientNet, архитектура которых основана на принципе композитного масштабирования, что позволяет одновременно увеличивать глубину, ширину и разрешение сети для достижения оптимального баланса между точностью и вычислительными затратами. Основные результаты включают высокую точность классификации различных типов для большинства классов, что подтверждается метриками. Наиболее высокую точность и F1-меру продемонстрировали модели для определения симптомов черной гнили (F1-Score 0.80), ложной мучнистой росы (F1-Score 0.83) и мучнистой росы (F1-Score 0.82). Исследование подтверждает значимость применения цифрового фенотипирования для диагностики заболеваний растений. Эти технологии имеют перспективы для использования в мониторинге заболеваний растений, что позволит своевременно выявлять и контролировать фитопатогены. Внедрение таких методов способствует улучшению городской экосистемы, повышению качества жизни и обеспечению более эффективной защиты декоративных растений от болезней.

ПРОФИЛИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ШТАММОВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ IPPAS ИФР РАН

Крапивина А.А., Заднепровская Е.В., Синетова М.А., Стариков А.Ю., Габриелян Д.А., Аллахвердиев С.И.
Институт физиологии растений имени К.А. Тимирязева, Москва, Ботаническая, 35, 127276, Россия, *e-mail: a.krapivina35@gmail.com*

Микроводоросли – одноклеточные микроскопические организмы, способные преобразовывать неорганические соединения в органические, используя солнечное излучение. Организмы, способные к значительному накоплению биомассы за короткий период времени, а вместе с тем и производству и накоплению веществ, таких как белки, углеводы, пигменты и липиды, использующиеся во многих сферах производства, представляют большой интерес для биотехнологии растений. Целью работы стало выявление штаммов микроводорослей, способных к аккумулированию триацилглицеридов с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот с длинной углеродной цепью. В ходе исследования были изучены профили жирных кислот 15-ти штаммов микроводорослей, принадлежащим к таким систематическим группам как Chlorophyta, Charophyta, Rhodophyta, Ochrophyta, и Bacillariophyta. Штаммы были предоставлены коллекцией микроводорослей и цианобактерий IPPAS (ИФР РАН им. К.А. Тимирязева, Москва, Россия). ω-3 эйкозапентаеновая кислота была обнаружена у *Spirogyra* sp. IPPAS C-2071 (Charophyta), *Porphyridium* spp. IPPAS P-271, IPPAS P-273, IPPAS P-293, IPPAS P-519, IPPAS P-520 (Rhodophyta), *Nannochloropsis* sp. IPPAS D-734 (Ochrophyta), *Tribonema vulgare* IPPAS H-150 (Ochrophyta), *Lobosphaera* sp. IPPAS C-1540 (Chlorophyta), *Tetraselmis* sp. IPPAS C-2069 (Chlorophyta), and *Halamphora* sp. IPPAS H-1541 (Bacillariophyta). ω-3 докозаментаеновая кислота обнаружена у *Pseudopleurococcus* sp. IPPAS U-1510 (Chlorophyta), а также у *Mallomonas* sp. IPPAS H-2051 (Ochrophyta). ω-6 арахидоновая кислота (ARA) представлена у IPPAS H-150, IPPAS D-734, IPPAS P-271, IPPAS P-273, IPPAS P-293, IPPAS P-519, IPPAS P-520, IPPAS H-1541, and IPPAS H-150. Кроме того, показано значительное количество ARA у *Lobosphaera* sp. IPPAS C-1540 – 57,5 % от количества общих жирных кислот.

Исследование проведено при поддержке грантом РНФ (№. 22-44-08001).

ВРЕМЕННЫЕ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ БОКОВЫХ КОРНЕЙ *A. THALIANA*

Кривобок А.С., Беляк А.М., Бибикова Т.Н.
ФГБУН ГНЦ РФ ИМБП РАН, РФ, Москва, Хорошевское шоссе, 76А
e-mail: nuxin@yandex.ru

В процессе роста растения используют сложные механизмы скоординированного развития различных типов корней, что позволяет формировать корневую систему (КС) наиболее приспособленную к заданной среде обитания. В работе была проанализирована взаимосвязь основных ростовых характеристик боковых корней (БК) растений *A. thaliana* дикого типа: от развития клеточной структуры до ростовых откликов корней различной длины. В ходе исследования выявлено несколько характерных периодов развития БК A. thaliana, которые дополняют описанные ранее Дж. Киссом стадии развития БК. Обнаружено, что в течение первых 40 ч или после прорезывания БК из ГК, БК быстро увеличивают темпы роста, как за счет развития меристемы БК, так и за счет интенсивности растяжения клеток за её границами. Помимо усиления гравитропической ориентации, в этом периоде происходит изменение чувствительности БК к эндогенному воздействию ауксина: БК короче 1 мм не чувствительны, а БК длиннее 1 мм ингибируются экзогенной аппликацией гормона в концентрации 100 нм. В течение последующих 60 часов производительность меристемы БК выходит на постоянный уровень, а дальнейшее увеличение скорости роста БК в большей мере определяется растяжением клеток за границами меристемы. 13 % БК остановилось в росте, из них 56 % остановилось спустя 90-110 часов с момента начала видимого роста корня. При холодовом стрессе 100 % БК останавливалось в росте спустя 90-110 часов после начала видимого роста БК. Период от 100 до 145 часов после прорезывания БК является переходным этапом, в течение которого часть кортикальных клеток достигает своей предельной длины, стабилизируются скорость роста БК, среднее значение наклона апекса БК (GSA) увеличивается до 17˚ при резком увеличении дисперсии измеряемой величины. Окончание этого этапа развития БК, при его длине порядка 20 мм, является началом инициации и прорезывания БК третьего порядка. В этом периоде рост БК ингибируется экзогенным ауксином в концентрации от 10 нм и выше.

ВЛИЯНИЕ БИ- И ПОЛИХРОМАТИЧЕСКОГО LED-ОСВЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМ СООТНОШЕНИЕМ КРАСНОГО И СИНЕГО ДИАПАЗОНОВ НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МИКРОЗЕЛЕНИ РЕДИСА И ПОДСОЛНЕЧНИКА

Кугач В.А., Молчан О.В.
Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси»; 220072, Беларусь, г. Минск, ул. Академическая, 27; *e-mail: 1viktoriakugach1@gmail.com*

Инновационное светодиодное (LED) освещение всё чаще используется вместо традиционных источников света при выращивании растений. Поэтому разработка оптимальных режимов его использования является сегодня актуальной задачей. Особенно важно выявить спектральную композицию, позволяющую стимулировать увеличение биомассы в сочетании с накоплением полезных биологически активных соединений. Такой подход особенно важен при выращивании микрозелени, которая получила большую популярность, поскольку служит источником множества питательных веществ и природных антиоксидантов. Объектом исследования являлись проростки редиса (*Raphanus sativus* L.) и подсолнечника (*Helianthus annuus* L.), выращенные по технологии микрозелени. 3-х дневные этиолированные проростки переносили из темноты на свет и далее на протяжении 4 суток выращивали при люминесцентном (LL) или би- и полихроматическом LED-освещении с соотношениями красного и синего диапазонов (К/С) 1, 2, 4 и 6 с плотностью потока фотонов 100 мкмоль· $\cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$. Определяли сырую массу побегов, содержание фенольных соединений, флавоноидов и веществ с антирадикальной активностью общепринятыми методами. Стимуляцию накопления массы микрозелени редиса в сравнении с LL наблюдали при всех вариантах би- и полихроматического LED-освещения, и особенно при повышенном соотношении К/С в спектре. Тестируемые спектральные композиции были менее эффективны для микрозелени подсолнечника: только полихроматический свет с К/С 4 и 6 повышал сырую массу побегов в сравнении с контрольным LL вариантом. В то же время, накопление суммы фенольных соединений в микрозелени редиса и подсолнечника при би- и полихроматическом LED-освещении увеличивалось с ростом дозы синего света в спектре, а бихроматическое освещение стимулировало накопление метаболитов фенольной природы более эффективно. Похожие закономерности были выявлены и при анализе накопления флавоноидов и антирадикальной активности. Таким образом, для роста проростков, накопления биомассы микрозелени редиса и подсолнечника предпочтительно использование полноспектральных LED-композиций с повышенным соотношением К/С. В то время как использование бихроматического освещения (особенно с низким К/С) демонстрирует преимущество в отношении накопления биологически активных веществ фенольной природы.

ВЛИЯНИЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА РОСТ ПРОРОСТКОВ РЕДИСА

Куделина Т.Н., Татур В.В., Молчан О.В.
ГНУ «Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси», 220072, Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: 10tan10@mail.ru*

Многостенные углеродные нанотрубки (MWCNTs) используют для создания конструкционных и композиционных материалов, разработки систем контролируемой доставки лекарственных и диагностических средств в медицине и др. Рост направлений и объемов использования наноматериалов неизбежно приводит к их накоплению в окружающей среде. Тем не менее, отсутствие однозначных данных о механизмах биологической активности и взаимодействия MWCNTs с живыми организмами, в том числе и растениями, по-прежнему остается серьезной проблемой. В работе были использованы промышленные MWCNTs («Арт-нано ЮНИЭД», Минск, Беларусь). Суспензии нанотрубок (1-100 мг·л$^{-1}$) в дистиллированной воде диспергировали ультразвуком (35 кГц, 30 мин), затем добавляли в корнеобитаемую среду при гидропонном выращивании проростков редиса. Определяли морфометрические и биохимические параметры растений, а также образование супероксид анион-радикала в проростках по интенсивности окрашивания после инкубации с 0,5 мМ NBT. MWCNTs в низких (1-10 мг·л$^{-1}$) концентрациях не влияли на ростовые параметры проростков, а в диапазоне 15-100 мг·л$^{-1}$ ингибировали рост стебля и корня, а также образование боковых корней. Нужно отметить, что негативное влияние высоких концентраций MWCNTs было более выражено на параметрах корневой системы. Площадь общей и рабочей адсорбирующей поверхности корня снижалась в 1,4-3 раза в присутствии в среде нанотрубок в диапазоне концентраций 15-100 мг·л$^{-1}$. При этом MWCNTs не влияли на содержание хлорофилла в листьях во всем диапазоне концентраций. В то же время, при высоких (75-100 мг·л$^{-1}$) концентрациях наночастиц снижалось содержание флавонолов, увеличивалась активность пероксидазы и каталазы в листьях и корнях. Также при действии MWCNTs (1-100 мг/л) в течение 1-3 ч не было отмечено изменений в образовании активных форм кислорода, только при увеличении времени инкубации до 16 ч наблюдали стимуляцию образования супероксид анион-радикала в клетках меристематической зоны корня.

Работа выполнена в рамках ГПНИ «Конвергенция-2025», НИР «Установить закономерности регуляции углеродными наночастицами функциональной активности фотосинтетического аппарата, процессов водообмена и стрессоустойчивости растений и оценить перспективы их использования для разработки регуляторов роста, биодатчиков и сорбентов».

МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЯДРА В КЛЕТКАХ КОРНЯ В ПРИСУТСТВИИ В СРЕДЕ НАНОЧАСТИЦ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ХЛОРИДА КАДМИЯ

Куделина Т.Н., Молчан О.В.
ГНУ «Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси», 220072, Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: 10tan10@mail.ru*

Проблема загрязнения микро- и нанопластиком окружающей среды – одна из самых актуальных в мире. Разнообразные по форме (волокна, частицы), химической структуре (полиамид, полиэтилен, полипропилен и др.) и размеру пластики в больших количествах попадают в водные и наземные экосистемы. Кроме пластика в почвах присутствуют и другие опасные ксенобиотики, тяжелые металлы, например, кадмий, являющийся мощным индуктором гибели клеток. Комбинированное воздействие пластика и тяжелых металлов может быть особенно опасным фактором, ингибирующим рост и снижающим продуктивность растений. При этом влияние микропластика на функционирование растительного организма изучено плохо. Только в последние несколько лет его активное накопление в почве признано опасным и стало вызывать серьезную озабоченность. Тем не менее, очевидно, что воздействие пластиковых нано- и субмикронных частиц на функционирование растений, растительных сообществ и экосистем должно стать приоритетом для будущих исследований. В работе в качестве модельного объекта были использованы микроклоны березы повислой (*Betula pendula* Roth.). Растения культивировали на питательной среде МС с добавлением наночастиц полипропилена (PP, 5, 20 %) и/или 10 мМ $CdCl_2$. Морфологический анализ клеток апикальных фрагментов корня проводили с использованием флуоресцентного микроскопа Kern BDS-400. Повреждение ядер клеток оценивали по флуоресценции хроматина после окрашивания акридиновым оранжевым и бромистым этидием. Показано, что при добавлении в среду наночастиц PP или $CdCl_2$ длина стебля, количество листьев и корней у микроклонально размноженных растений березы не отличались от контроля. Однако при совместном присутствии в среде нанопластика и $CdCl_2$ длина корней уменьшалась, а их толщина увеличивалась, особенно при высокой концентрации PP, при этом зоны корня становились не различимы. С повышением концентрации пластиковых наночастиц в среде усиливались морфологические изменения ядер в клетках апикальных фрагментов корня и возрастало количество клеток с конденсированным и фрагментированным хроматином. Добавление $CdCl_2$ усиливало токсическое действие нанопластика. Действуя совместно, PP и $CdCl_2$ характеризовались сильной цитотоксичностью, индуцируя морфологические изменения и фрагментацию ДНК, характерную для запрограммированной клеточной гибели.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований Б23-003.

ВЛИЯНИЕ ПОЛИХРОМАТИЧЕСКОГО LED ОСВЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМ СООТНОШЕНИЕМ КРАСНОГО И СИНЕГО ДИАПАЗОНОВ НА РОСТОВЫЕ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАСТЕНИЙ

Куделина Т.Н.
ГНУ «Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси», 220072, Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: 10tan10@mail.ru*

В настоящее время свет рассматривается как один из самых важных и эффективных факторов регуляции морфогенеза различных культур. При искусственном освещении использование LED-облучателей является более предпочтительным по сравнению с другими типами ламп. С использованием светодиодов можно получить источник света с практически любым спектральным составом. Представлено много экспериментальных данных о действии моно- и бихроматических спектров и получены сопоставимые результаты для разных видов растений. Полноспектральные композиции изучены гораздо хуже, при этом исследователи прибегают к использованию разных комбинаций длин волн на разных культурах и сообщается о видоспецифичности растений, тем не менее не выявлены оптимальные спектры даже для широко распространенных культур. Однако у растений существуют определенные общие закономерности преобразования светового сигнала. Представляется нецелесообразным использование в промышленном растениеводстве LED-облучателей с индивидуальным спектром для каждой культуры и тем более сорта. В данной работе с использованием методики выращивания растений *A. thaliana*, сочетающий применение среды на основе фитогеля и гидрофильной мембраны из гидратцеллюлозной пленки, отделяющей корневую систему растения от гелевой среды и уникальной осветительной системы с возможностью регуляции спектра установлен спектральный состав LED освещения, стимулирующий рост корней и накопление биомассы у модельного растения *A. thaliana*. Проведена оценка участия триптоаминотрансфераз TAA1, TAR1 и гистидинкиназы AHK2 в трансдукции светового сигнала. Разработанные спектральные композиции апробированы на других культурах, в том числе при адаптации *ex vitro* микроклонально размноженных древесных растений *Populus tremula, Betula pendula, Betula pendula var. carelica*, обеспечивая хорошую приживаемость в результате активного роста корневой системы, увеличение биомассы. У растений томата *Solanum lycopersicum* и огурца *Cucumis sativus* на ювенильном этапе онтогенеза при полноспектральном LED освещении заданного состава отмечены стимуляция накопления сухой массы надземной части, корневой системы, увеличение длины главного корня, адсорбирующей поверхности корневой системы по сравнению с люминесцентным освещением, роста рассады и ускорение перехода в генеративную фазу высокостебельных растений томата в условиях производства.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ, ОТВЕТСТВЕННЫХ ЗА БИОСИНТЕЗ ФУРАНОКУМАРИНОВ В РАСТЕНИЯХ РОДА *HERACLEUM*

Кульбачная М.А., Логачёва М.Д., Штратникова В.Ю.
Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Ленинские горы 1, *e-mail: marikulbach@gmail.com*

Фуранокумарины – класс органических соединений, состоящих из кумаринового двухкольцевого ядра с присоединенным фурановым кольцом. Фуранокумарины обладают многогранным спектром биологической активности. Хотя в первую очередь они известны своей фототоксичностью, они также демонстрируют перспективные свойства для применения в медицине. Несмотря на то, что представления о пути биосинтеза фуранокумаринов в растениях были заложены ещё в 70-80 годах, гены ферментов, участвующих в нём, были идентифицированы в малом количестве растений. Более того, для некоторых ферментов гены не были найдены ни в одном из исследованных видов. В данной работе мы выделили ряд генов-кандидатов участников фуранокумаринового биосинтеза в двух видах рода *Heracleum*: борщевике Сосновского и борщевике сибирском. В ходе своей работы мы опирались на поиск гомологов ранее идентифицированных генов из других растений и данные анализа экспрессии в образцах борщевиков. При анализе экспрессии генов борщевика Сосновского ориентировались на ранее собранный геном (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/genome/GCA_030848705.1/). Поиск гомологов в борщевике сибирском проводился на основании транскриптома, собранного *de novo* с использованием программы Trans2express (https://github.com/albidgy/trans2express/tree/main). Поиск гомологов проводился с помощью программы BLAST (в качестве кандидатных отбирались гены с *e*-value < $10^{-150)}$. Анализ экспрессии проводился с помощью программ STAR и DESeq2 (*p*-value для дифференциальной экспрессии < 0.05), в качестве кандидатных отбирались обнаруженные гомологи, для которых нормализованный показатель уровня экспрессии FPKM составлял не менее 500. В результате работы были выявлены кандидатные гены для следующих ферментов биосинтеза фуранокумаринов: умбеллиферон-диметилаллилтрансферазы, мармезин-синтазы, колумбианетинсинтазы, псорален-синтазы, ангелицин-синтазы, бергаптол-О-метилтрансферазы. В будущем предполагается проверить физиологическую активность этих ферментов с помощью гетерологической экспрессии. С расширением знаний о генах ферментов, участвующих в синтезе фуранокумаринов, становится возможным создание синтетических конструкций, позволяющих активно и эффективно применять их в науке и фармакологии.

РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПУСТЫННОЙ ЗОНЫ УЗБЕКИСТАНА

Курёзов И.Р., Ибрагимов Н.М., Рузимов Ж.Ш.
Ургенчский государственный университет, 220100 Узбекистан, Хорезмская область, г. Ургенч, ул. Хамида Алимджана, 14, *e-mail: nazar.ibragimov@gmail.com*

Кукуруза – важная культура, продукция которой является ценным продуктом питания для населения, сырьем для производства и кормом для животноводства. По площади посева в мире кукуруза занимает третье место после пшеницы и риса, и первое место среди кормовых культур. Эта важная культура высевается для зерна в Узбекистане на площади около 150 тыс. га. Полевой опыт по изучению влияния различных норм минеральных удобрений ($N_0P_0K_0$, $N_{100}P_{60}K_{40}$, $N_{150}P_{90}K_{60}$, $N_{200}P_{125}K_{75}$, $N_{250}P_{150}K_{90}$ и $N_{300}P_{190}K_{110}$ кг/га) на рост, развитие и продуктивность кукурузы на зерно проводился в Ургенчском районе Хорезмской области. Почва - орошаемая луговая аллювиальная, слабозасоленная, содержание гумуса менее 1%, низко обеспечена подвижными формами питательных веществ. Результаты исследований показали, что интенсивный рост кукурузы начался с фазы V10 (10 листьев на растении), где высота стебля в зависимости от норм минеральных удобрений варьировала в пределах 60,9-79,3 см в первый год и 58,1-70,3 см во второй год опыта. Количество листьев на одном растений в этой фазе роста составила 10,2-11,3 и 10,1-11,2 штук соответственно. В результате дальнейшего роста растений, высота стебля кукурузы в фазе R2-R3 (переход от блистера в молочную спелость зерна) колебалась в пределах 246,0-298,6 и 238,9-288,7 см, количество листьев – 13,6-16,0 и 12,3-14,7 см соответственно в первый и второй годы изысканий. В годы опыта высота стебля и количество листьев на одном растении увеличивались по мере возрастания норм минеральных удобрений. Индекс листовой поверхности (ИЛП) также повышался по мере роста норм удобрений. Максимальный ИЛП наблюдался в фазе R2-R3, который равнялся 1,79-4,11 $м^2/м^2$ (первый год) и 1,71-3,79 $м^2/м^2$ (второй год). Урожай зерна кукурузы в зависимости от норм вносимых удобрений варьировал в пределах 2,9-9,0 и 2,7-8,8 т/га соответственно в первый и во второй годы исследований. Однако, в годы изысканий наибольший урожай зерна (соответственно 9,0 и 8,8 т/га) достигнут в варианте с внесением минеральных удобрений в норме $N_{250}P_{150}K_{90}$ кг/га, где индекс урожая (ИУ) составил 0,43-0,45. ИУ в варианте без удобрений равнялся 0,33-0,36. Норма удобрений $N_{300}P_{190}K_{110}$ кг/га не способствовала дальнейшему повышению урожая зерна в сравнении с вариантом $N_{250}P_{150}K_{90}$ кг/га. Однако, использование нормы удобрений равной $N_{300}P_{190}K_{110}$ кг/га привело к увеличению вегетативной массы растений, где ИУ равнялся 0,39-0,42.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ В ЭКСТРАКТАХ *MOMORDICA CHARANTIA* МЕТОДОМ БИОАВТОГРАФИИ

Лазаревич Д.К., Шевцов Н.А., Иванов О.А.
Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича, Республика Беларусь, Минск, *e-mail: protlife1984@gmail.com*

Растение *Momordica charantia* известно широким спектром биологической активности, включая антимикробную. Наше исследование было направлено на изучение антибактериальной активности вегетативной массы различных сортов *M. charantia* (Индийский гранат, Ажур, Крымская) в отношении бактериальных пищевых контаминантов, выделенных из мясной продукции: *Staphylococcus equorum, Microbacterium paraoxydans, Aureimonas altamirensis* и *Klebsiella oxytoca.* Водно-спиртовые экстракты из вегетативной массы *M. charantia* сдерживали рост грамположительных *S. equorum, M. paraoxydans* при МИК 4-16 мг/мл, но не оказывали ингибирующего влияния на рост грамотрицательных *A. altamirensis* и *K. oxytoca* в концентрациях ≤65 мг/мл независимо от исследованного сорта. Антибактериальная активность экстрактов сортов Индийский гранат и Крымская была выше в сравнении с активностью экстрактов из сорта Ажур. С целью установить природу соединений с антибактериальной активностью в экстрактах *M. charantia* как аналитический был применен метод биоавтографии. Для проведения биоавтографии использовали пластинки для ТСХ с предварительно разделенными экстрактами трех сортов *M. charantia*. Тест-объектом выступала суспензия суточной культуры *S. equorum* в ГМФ-агаре, чувствительная к действию экстрактов. Суспензию наносили на ТСХ пластинки, инкубировали 24 ч, после чего обрабатывали раствором нитросинего тетразолия, окрашивающего живые клетки. Было выявлено, что наиболее выраженной антибактериальной активностью обладали агликоны полярных флавонов, фенольные соединения и тритерпеноиды кукурбитанового типа. Неполярные агликоны флавонов и флавоновые гликозиды были менее активны. Продемонстрирована сортовая специфичность антимикробной активности экстрактов *M. charantia.* Описанные соединения, полученные из сортов Индийский гранат и Крымская, обладали более выраженной антибактериальной активностью в сравнении с сортом Ажур, для которого отмечены слабо выраженные зоны ингибирования бактериального роста для агликонов полярных флавонов, неполярных флавоновых агликонов. Для тритерпеноидов кукурбитанового типа результаты биоавтографии показали схожие результаты для всех трех сортов. Таким образом, сделано предположение, что антимикробная активность экстрактов вегетативной массы *M. charantia*, определяется совокупностью всех фенольных соединений, флавонов и тритерпеноидов со значительным вкладом агликонов полярных флавонов.

РОСТОРЕГУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ БРАССИНОСТЕРОИДОВ ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИХ С ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТОЙ НА РАСТЕНИЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Литвиновская Р.П., Манжелесова Н.Е., Савчук А.Л., Хрипач В.А.
Институт биоорганической химии НАН Беларуси, ул. ак. В.Ф. Купревича, 5/2, 220084, г. Минск, Беларусь, *e-mail: litvin@iboch.by*

Большое количество экспериментальных данных доказывает наличие взаимодействия брассиностероидов (БС) и практически всех «классических» фитогормонов, включая влияние фитогормональных стероидов на метаболизм других гормонов и участие наряду с последними в интеграции различных сигналов, перенастройке в росте и стресс-адаптации. В физиологическом плане с брассиностероидами много общего имеют фенольные соединения. Функциональная роль их также связана с ростом растений, фотосинтезом, дыханием, защитой клеток и тканей от стрессовых воздействий. В лабораторных тестах мы показали, что взаимодействие брассиностероидов и негормональных регуляторов роста - фенольных соединений (в частности, феруловой кислоты) при предпосевной обработке семян приводят на начальном этапе развития растений пшеницы к активации ростовых функций, свободнорадикального окисления и пигментов. При совместном применении БС и ФК эффективность их действия увеличивалась. В продолжение и развитие наших исследований в данной работе поставлена задача изучить в условиях лабораторного эксперимента действие БС, ФК и их смесей на начальный рост растений пшеницы при опрыскивании (основной применяемый биотехнологический прием на зерновых культурах), а также в онтогенезе в условиях полевого опыта. Изучено росторегулирующее действие 24-эпибрассинолида (24-ЭБ), 24-эпикастастерона, ФК на начальных этапах онтогенеза, а также на ростовые, морфообразовательные, физиолого-биохимические процессы и зерновую продуктивность яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Исследована динамика эндогенного содержания БС разных групп при обработке растений указанными композициями. Использовавшиеся для исследования концентрации БС (10^{-7}, 10^{-8} и 10^{-9}М) были выбраны в ходе предшествовавших экспериментов, поскольку показали стимулирующий эффект на ростовые процессы. ФК в смесях и отдельно применяли в эквимолярных концентрациях. Растения выращивали в лабораторных условиях в почвенной культуре в течение 3 недель и в полевых условиях. Показано, что обработка растений путем опрыскивания БС или ФК приводила к активации процессов роста, формообразования и репродукции, увеличению в листьях уровня эндогенных БС, свободно-радикального окисления и пигментов. Установлено, что совместное применение брассиностероидов и феруловой кислоты увеличивало эффективность их действия приводит к синергическому взаимодействию при стимуляции ростовых и метаболических процессов и увеличению урожайности, а также улучшению качества зерна.

ПОТЕНЦИАЛ PGPB *PSEUDOMONAS AUREOFACIENS* КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Лукаткин А. А.[1], Лукаткин А. С.[2]
[1]Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 430005 Росстия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68
e-mail: ussr1960@yandex.ru
[2]Независимый исследователь, *e-mail: aslukatkin@yandex.ru*

Со второй половины XX века на Земле наблюдаются глобальные изменения климата, сопровождающиеся повышением средних температур и уменьшением количества осадков на планете. Изменения климата оказывают существенное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур; последствия таких изменений угрожают выживанию многих растений и вызывают смещение зоны их возделывания на менее плодородные земли. Это влияет на продовольственную безопасность и затрудняет решение проблемы снабжения продовольствием растущего населения мира. В связи с этим существует необходимость повышения устойчивости культурных растений для смягчения последствий изменений климата. Повышение адаптивности сельскохозяйственных культур и их устойчивости к изменениям климата может быть достигнуто за счет применения новых средств защиты и регуляторов роста, которые могут сыграть решающую роль в смягчении негативного воздействия стрессов высоких температур и засухи на растения, вызывая активацию защитных механизмов, а также физиологические, биохимические и анатомические модуляции. Особое значение среди биостимуляторов имеют способствующие росту растений бактерии (PGPB), которые стимулируют иммунную систему растений и усиливают их способность противостоять негативным внешним воздействиям. Обработка семян и вегетирующих растений биопрепаратами на основе PGPB приводит к улучшению состояния растений и повышению урожайности. В наших исследованиях показано антистрессовое действие биопрепарата на основе культуральной жидкости *Pseudomonas aureofaciens*, который в условиях высоких температур и засухи усиливал рост и улучшал физиологические и биохимические индексы устойчивости (интенсивность перекисного окисления липидов, степень утечки электролитов из высечек листьев, генерацию активированных форм кислорода – супероксидного анион-радикала и пероксида водорода, активность антиоксидантных ферментов, и т.п.). Получено много данных о положительном действии препарата на уровень устойчивости и продуктивности ряда зерновых и овощных культур, особенно выраженном в стрессовых условиях, что может указывать на высокий потенциал биопрепарата на основе *Pseudomonas aureofaciens* для сельскохозяйственных растений при усилении температурных и водного стрессов в ходе глобальных изменений климата.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВИНОГРАДА К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССУ С ПОМОЩЬЮ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Луцкий Е.О., Сундырева М.А.
ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия; Россия, 350901, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. 40-летия Победы, 39, *e-mail: kubansad@kubannet.ru*

Адаптационные механизмы у сортов винограда с различной устойчивостью к низким температурам различаются на основе полученных данных физиолого-биохимического и транскрипционного анализа. Установлены потенциальные гены углеводного метаболизма, активирующиеся при изменении температуры окружающей среды, которые могут служить маркерами изменения морозостойкости винограда. Установлена зависимость экспрессии генов раффинозосинтазы (VviRafS) и галактинолсинтазы (VviGolS) от снижения температуры окружающей среды. Морозостойкий сорт Курчанский характеризовался высоким содержанием ненасыщенных ЖК – линолевой, линоленовой, в то время как у менее устойчивого сорта ТАНА 33 преобладала пальмитиновая кислота. Индекс ненасыщенности ЖК у сорта ТАНА 33 был ниже. Показано, что больше всего к повреждениям низкими температурами был подвержен сорт *V. vinifera* Мерло как в состоянии органического покоя, так и в состоянии вынужденного покоя, в меньшей степени – сорт Курчанский. Обработка физиологически активными веществам метилжасмонатом, 2,4- эпибрассинолидом и пролином оказывает положительное влияние на снижение степени выхода электролитов, снизжение интенсивности окислительного стресса (2,4-эпибрассинолид, пролин) повышению уровня растворимых сахаров (обработка пролином) у неморозостойкого сорта Мерло как на экспериментальных черенках (-20 °С), так и на однолетних саженцах (-10 °С). Обработка комбинацией метилжасмоната и пролина, а также салициловой кислоты и пролина однолетних вегетирующих саженцев винограда сорта Мерло оказывала положительное влияние при воздействии низких температур (-1.5 °С), снижая уровень повреждения тканей, окислительного стресса, а также повышая экспрессию защитных генов.

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЯГОД РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ГОЛУБИКИ ТОПЯНОЙ (*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.) ПРИ ПЛАНТАЦИОННОМ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

Маховик И.В., Бордок И.В., Волкова Н.В.
Институт леса НАН Беларуси, 246050, ул. Пролетарская, 71, г. Гомель, Беларусь,
e-mail: makhavik@gmail.com

Высокий адаптационный потенциал к неблагоприятным факторам как абиотической (заморозки, подтопления, палы), так и биотической (болезни, вредители, сорная растительность и т.д.) природы, наряду с достаточно широким внутривидовым полиморфизмом такого ценного пищевого и лекарственного ягодного растения как голубика топяная являются хорошими предпосылками для успешной интродукции данного вида в культуру. Обладая длительным жизненным циклом, несложной технологией выращивания и хорошей отзывчивостью на агротехнические приемы данная культура является перспективной для плантационного возделывания на низкоплодородных лесных землях, в том числе, на выработанных торфяниках верхового и переходного типов, обеспечивая стабильный, не менее чем десятикратный, прирост ягодной продуктивности. Целью исследований являлось изучение динамики морфометрических параметров (длина, ширина, масса, индекс формы) ягод хозяйственно ценных форм голубики топяной при плантационном выращивании. Для селекционных целей нам представляется наилучшим рассматривать формы в классическом понимании как таксономические единицы низкого уровня преимущественно однофакторного типа. Объектом исследования являлись формы *V. uliginosum L.* коллекционного фонда Института леса НАН Беларуси: белоплодные – овальная (сорт Памяти Волчкова) и шаровидная (сорт Жамчужына Гомеля); синеплодные – шаровидная крупноплодная (2-4 ягоды в кисти), продолговатая, мелкоплодная шаровидная (6-8 ягод в кисти), грушевидная и яйцевидная. Период наблюдений (2015-2024 г.) характеризовался ежегодным превышением среднегодовых температур на 0,1-1,9 ^{o}C на фоне недобора годовой суммы осадков (за исключением 2021-2023 гг.) и ежегодных поздневесенних (возвратных) заморозков. Линейные параметры наиболее перспективных форм (уже зарегистрированных в качестве сортов и кандидаты в сорта) на протяжении десятилетних наблюдений отличались низкой вариабельностью (коэффициент вариации от 6 до 10 %). Наиболее изменчивым показателем оказалась масса одной ягоды, достигающая максимального значения у растений сорта Памяти Волчкова (по годам от 0,70 до 1,15 г, в среднем 0,81 г, при коэффициенте вариации 19,5 %). В отношении форм голубики топяной необходимо отметить, что наибольшей вариабельностью всех изучаемых морфометрических параметров отличаются формы со сложной конфигурацией ягод, прежде всего продолговатая и яйцевидная, где коэффициенты вариации для линейных параметров достигали 25-27 %, а для массы одной ягоды – 32-36 %.

ПРОТЕКТОРНАЯ И СИГНАЛЬНАЯ РОЛЬ ГИСТИДИНА ПРИ НИКЕЛЕВОМ СТРЕССЕ У ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Мацкевич В.С.[1], Кожевникова А.Д.[2], Серегин И.В.[2], Самохина В.В.[1], Гриусевич П.В.[1], Муравицкая А.О.[1], Герман А.Д.[1], Арзамазкина К.И.[1], Губаревич К.И.[1], Соколик А.И.[1], Демидчик В.В.[3]

[1]Белорусский государственный университет; 220030, Беларусь, Минск,
e-mail: mackievic@bsu.by

[2]Институт физиологии растений РАН, Москва, Российская Федерация

[3]Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН, Минск, Беларусь

Никель является одновременно важным микроэлементом и экотоксикантом для высших растений. В ответ на повышение уровня никеля в среде многие виды растений синтезируют и экскретируют лиганды-хелаторы, такие как гистидин (Гис), никотинамид и др., связывающие Ni^{2+}. С одной стороны, это приводит к снижению химической активности Ni^{2+}, с другой – к накоплению потенциально редокс-активных комплексов Ni-гистидин вблизи плазматической мембраны. Согласно нашей гипотезе данные комплексы могут иметь значение для распознавания Ni^{2+} растением и включения защитных механизмов посредством сигналлинга через цитоплазматический Ca^{2+} и активные формы кислорода (АФК). Целью настоящего исследования являлось установление роли взаимодействия Ni^{2+} и Гис в индукции токсических и сигнальных путей в корне высших растений в условиях никелевого стресса. В работе было показано, что Ni^{2+} ингибирует рост *Arabidopsis thaliana* L. Heynh. и ряда сельскохозяйственных видов, начиная с концентрации 10 мкМ в гелевых тестах на прорастание (germination test), в гелевых тестах с заменой среды – с 30 мкМ, в гидропонике – с 3 мкМ. Было продемонстрировано, что комплексы Ni^{2+} и Гис, в отличие от Ni^{2+}, способны катализировать синтез супероксидного анионного радикала и гидроксильных радикалов в условиях cell-free и в интактных растениях. Комплексы Ni^{2+} и Гис также индуцировали отчетливые Ca^{2+}-сигналы в трансгенных растениях, экспрессирующих экворин. Гистидин снижал накопление никеля в тканях растений и повышал жизнеспособность в морфологических, PCD- и PI-тестах. Гис также снижал генотоксичесть никеля (Comet-тест). С использованием техники пэтч-кламп был выявлен механизм, ответственный за вход Ni^{2+} в клетки корня при его высоких уровнях в среде. Было показано, что вход Ni^{2+} обеспечивается его потоком через ионные каналы. Прайминг растений путем кратковременной обработки комплексами Ni^{2+} и Гис способствовал повышению их устойчивости к этому металлу. Экспрессия “стрессовых генов” также модифицировалась на фоне Гис, по сравнению с чистым Ni^{2+}. Таким образом, в представленной работе было впервые продемонстрировано комплексное протекторное воздействие Гис на уровне важнейших физиологических процессов и сигнальных реакций высших растений.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (проект Б24-060) и ГПНИ (№ ГР 20241163).

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ РЖИ К РАЗЛИЧНЫМ ПО СПЕЦИФИЧНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЯМ РЖАВЧИННОЙ ИНФЕКЦИИ

Мельникова Е.В., Корытько Л.А.
Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: fr_lm@mail.ru*

Облигатные грибные патогены вызывают изменения в протекании всех обменных процессов питающего растения и особенно окислительно-восстановительных. Интенсивность этих процессов в живых организмах может быть оценена по активности пероксидазы, предотвращающей разрушительное действие активных форм кислорода (АФК). Генерация АФК в ответ на различные типы стрессовых воздействий у растений является ранней, неспецифической и универсальной реакцией – наиболее эффективной формой защиты, которую растения выработали в процессе эволюции. Образование АФК в условиях воздействия стрессового фактора приводит к изменению антиоксидантной активности, что способствует либо сохранению жизнедеятельности растительного организма, либо развитию окислительного стресса и гибели пораженных клеток. Пероксидаза играет важную роль в защите растительной клетки от окислительных повреждений в местах с повышенным содержанием АФК. Поэтому этот фермент рассматривают как индикатор стрессового состояния растений. Установлено, что характер изменения активности пероксидазы у восприимчивых и устойчивых генотипов озимой посевной ржи (*Secale cereale* L.) в динамике пато- и иммуногенеза был различен по скорости и интенсивности реакции на внедрение специфических и чужеродных облигатных грибных патогенов. В случае развития иммуногенеза в тканях устойчивого подвида ржи Державина, инфицированного специфическим патогеном бурой ржавчиной ржи (*Puccinia dispersa* Erikss. et. Henn), наблюдалось значительное резкое повышение активности этого антиоксидантного фермента, чего не происходило на начальных этапах у восприимчивых растений сорта ржи Игуменская, инфицированных тем же патогеном, что приводило к развитию болезни. В формировании хлорозной (нехозяинной) защитной реакции у восприимчивого сорта ржи Игуменская, инфицированной чужеродным патогеном – корончатой ржавчиной овса (*Puccinia coronifera* Kleb f. sp. *avenae* Erikss.) активность пероксидазы изменялась незначительно, из чего следует, что этот фермент имеет второстепенное значение при развитии нехозяинных отношений и может рассматриваться как сопутствующий фактор. Таким образом, скорость и интенсивность изменения активности пероксидазы может являться критерием оценки степени устойчивости или восприимчивости растений ржи к ржавчинной инфекции.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ СОИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ГЕРБИЦИДОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕПАРАТОВ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Михайлова М.П.
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», Россия, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Игнатьевское ш., 19, *e-mail: mmp@vniisoi.ru*

Известно, что на прорастание семян и развитие растений сои наряду с абиотическими и биотическими факторами среды оказывают влияние и антропогенные факторы – широко применяемые в производстве гербициды. Они оказывают стрессовое воздействие на растения и приводят к недополучению максимально высокого урожая. В повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам особое место занимает фермент пероксидаза – универсальный индикатор стрессового состояния растений. Если растительная клетка не справляется с её защитой от действия стресса, на помощь приходят препараты природного происхождения, которые влияют на адаптивный потенциал растений и сохраняют высокий уровень семенной продуктивности. Проведенными исследованиями установлено, что применение природного препарата БиоЛарикс в посевах сои среднеспелого сорта МК 100 селекции ВНИИ сои способствовало повышению удельной активности фермента независимо от фазы роста и развития растений сои. В среднем за 3 года исследований активность пероксидазы в фазу 3-го тройчатого листа увеличилась в 2,4 раза, в фазу цветения – в 1,3 раза относительно гербицидной обработки. В среднем за годы исследований совместное применение препарата БиоЛарикс и гербицида Пульсар способствовало повышению удельной активности пероксидазы относительно применения только гербицида на 61,7 % в фазу 3-го тройчатого листа и на 28 % – в фазу цветения. Таким образом, применение гербицида Пульсар в дозе 0,8 л/га по вегетирующим растениям, а также влияние сложившихся погодных условий в годы исследований, оказали негативное воздействие на растения сои, что подтверждается снижением удельной активности изучаемого фермента. Уменьшению неблагоприятных воздействий гербицида способствовало применение препарата БиоЛарикс, который привел к мобилизации защитных механизмов растений, противостоящие отрицательному воздействию на растения сои. Использование БиоЛарикса оказало положительное влияние на урожайность среднеспелого сорта сои МК 100, которая повысилась на 0,16 т/га в варианте с предпосевной обработкой семян БиоЛариксом по сравнению с контролем. Совместное применение препарата БиоЛарикс для обработки семян и гербицида Пульсар по вегетирующим растениям обеспечило прибавку урожайности 0,19 т/га по сравнению с контролем.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ И УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ НА РОСТ *CYCLACHAENA XANTHIIFOLIA (NUTT) FRESEN.*, РАСПРОСТРАНЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Молчан О.В., Скуратович Т.А., Куделина Т.Н.
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, 220072 ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: olga_molchan@mail.ru*

Циклахена дурнишниколистная (*Cyclachaena xanthiifolia (Nutt) Fresen*.) включена в Черную книгу флоры Беларуси и относится к инвазионным видам в соответствии с критериями, разработанными Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Несмотря на то, что в последние годы отмечается расширение количества мест и площади распространения циклахены на территории Беларуси, специальных исследований по разработке методов борьбы с ней до сих пор не проводилось. Поэтому в настоящее время чрезвычайно актуальным является подбор эффективных гербицидов, проведение их испытаний в лабораторных и полевых условиях для предотвращения распространения *C. xanthiifolia* по территории республики. Объектами исследований были растения *C. xanthiifolia*, обнаруженные на территории Беларуси. Для обработки в лабораторных условиях использовали 2,4-Д в концентрации 0,05, 0,1, 0,25 и 0,5 мг/мл, что соответствовало дозам 0,02-0,2 кг/га. Исследовали действие гербицидов в сочетании с фуллереном и углеродными нанотрубками (50 мг/л). В полевых экспериментах также испытывали коммерческие гербициды из перечня разрешенных к применению на территории Республики Беларусь на основе глифосата (Ураган Форте) в дозах 0,5, 1, 2, 3 л/га и метсульфурон-метила (Магнум) – 50, 100, 200 г/га. Учетные делянки полевых исследований были заложены в г. Бресте на полигоне ПКУП "Коммунальник". Результаты обрабатывали с использованием стандартных методов вариационной статистики. Установлено, что наиболее чувствительными к действию гербицида 2,4-Д являются растения циклахены в фазе всходов. Ингибирует 2,4 Д в тестируемых концентрациях также рост 6-недельных растений. Отмечается утолщение стебля, увядание листьев, скрученность стебля и листьев, остановка роста растений. В то время как, 9-недельные растения к действию данных доз гербицида 2,4-Д были не чувствительны. По результатам полевых исследований установлено, что 100%-й эффективностью обладали препараты Ураган Форте в концентрации 3 л/га и Магнум в концентрации 50 г/га даже при наличии у растений циклахены 4-8 пар листьев. Было также показано, что добавление фуллерена и углеродных нанотрубок повышало эффективность действия гербицидов.

РЕГУЛЯТОРНАЯ РОЛЬ КАЧЕСТВА И ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА В ПРОЦЕССАХ БИОСИНТЕЗА АЛКАЛОИДОВ И ПОЛИФЕНОЛОВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ И КУЛЬТУРАХ *IN VITRO*

Молчан О.В.[1], Шабуня П.С.[2], Фатыхова С.А.[2]
[1]ГНУ «Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси», 220072, Минск, ул. Академическая 27, *e-mail: olga_molchan@mail.ru*
[2]ГНУ «Институт биоорганической химии НАН Беларуси»

Вторичные метаболиты растений, в особенности, алкалоиды и полифенолы, являются соединениями с высокой биологической активностью и широко используются в медицине, косметологии и пищевой промышленности. С ростом спроса на биоактивные соединения разработка подходов к повышению уровня их продукции в растениях становится все более актуальной. ВМ обеспечивают взаимодействие растения с окружающей средой, поэтому их биосинтез и накопление строго зависит от внешних факторов и часто повышается в стрессовых условиях, сопровождающихся снижением интенсивности ростовых процессов. При этом очевидно, что система выращивания лекарственных растений должна одновременно обеспечивать активацию как первичного (накопление биомассы и предшественников вторичных метаболитов) так и вторичного (накопление фармакологически ценных активных соединений) метаболизма. Произошедший в последнее десятилетие прорыв в области светотехники и новые возможности использования светодиодного (LED) освещения позволяет существенно повысить эффективность культивирования растений, ускорить ростовые процессы и направленно регулировать состав и содержание целевых соединений, в т.ч. фармакологически ценных метаболитов алкалоидной и фенольной природы, а также экономить энергоресурсы в контролируемой среде высокопродуктивных искусственных экосистем. С использованием уникальной регулируемой LED системы можно получить свет с практически любым спектральным составом в области видимого излучения и эффективно управлять метаболизмом растений. Изменение спектрального состава и интенсивности рассматривается как ключевой способ регуляции первичного и вторичного метаболизма, морфогенеза и продуктивности растений и культур in vitro, относящихся к различным видам. Рассматриваются механизмы, лежащие в основе регуляции светом процессов биосинтеза алкалоидов и фенольных соединений и возможность разработки новых методических и конструктивных подходов, учитывающих особенности выращиваемых культур и целевые задачи их культивирования.

ФОТОРЕГУЛЯЦИЯ АЗОТНОГО МЕТАБОЛИЗМА РАСТЕНИЙ КИТАЙСКОЙ КАПУСТЫ

Морозов Я.В.*, Тараканов И.Г.**, Смолянина С.О.*
*ФГБУН ИМБП РАН, РФ, Москва, Хорошевское шоссе, 76А
**РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Повышение эффективности выращивания сельскохозяйственных культур в условиях интенсивной светокультуры невозможно без оптимизации режимов освещения растений в сочетании с другими параметрами внешней среды. Вместе с тем, большинство работ по данной теме выполнено при низкой плотности потока фотонов (ППФ), что не позволяет выявить в полной мере влияние других параметров светодиодного освещения. Кроме того, крайне скупы и разрознены данные о совместном влиянии на растения света и других факторов внешней среды, в частности, азотного питания. Цель – изучение сочетанного влияния параметров светового режима и азотного питания на рост и азотный статус растений капусты китайской *Brassica chinensis* L. Растения выращивали гидропонным нециркуляционным методом под светодиодными светильниками либо на базе белых (4000К) и красных (660 нм) светодиодов (СД) при отношении уровней ППФ от красных и белых СД от 0 до 1,5, либо на базе 5 типов СД (460, 530, 620, 640 и 660 нм) при фиксированном соотношении уровней ППФ от синих, зеленых и красных СД, равном 1:1:3, но при различных соотношениях отдельных спектральных диапазонов в красной области спектра. Растения выращивали в условиях недостаточного и благоприятного уровня освещения (средняя суммарная ППФ – 100 и 400 мкмоль/($м^2$·с), соответственно) при общей концентрации азота в растворе 120 мг/л и отношении аммонийной и нитратной форм азота от 0 до 1. Проведенные эксперименты выявили нелинейную зависимость роста растений и аккумуляции нитратов в растительных тканях от доли красной составляющей в спектре падающего на посев светового потока и от отношения нитратной и аммонийной форм азота в питательном растворе. В условиях недостаточной интенсивности освещения нитратное азотное питание было более благоприятным для роста растений по сравнению с нитратно-аммонийным питанием. При повышении ППФ до 400 мкмоль/($м^2$·с) наиболее благоприятными для роста растений явились концентрации нитратной и аммонийной форм азота 75 – 105 мг/л и 15 – 45 мг/л, соответственно. В условиях нитратного азотного питания увеличение доли красной составляющей в спектре с 33 % до 73 % стимулировало накопление нитратов в листьях, но в условиях нитратно-аммонийного питания высокая доля красного света в спектре способствовала уменьшению содержания нитратов в листьях и пула нитратов в растениях в целом; при этом скорость поглощения нитратного азота растениями оставалась неизменной. Полученные данные позволяют предположить, что в красной области спектра ее коротковолновая часть (620 нм) стимулирует нитратредуктазную активность, а длинноволновая (640 – 660 нм) – скорость поглощения нитратов.

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ВЫРАЩИВАНИЯ МЕЛКОСЕМЯННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ВОДНОЙ КУЛЬТУРЕ

Морозов Я.В.*, Тараканов И.Г.**, Смолянина С.О.*
*ФГБУН ИМБП РАН, РФ, Москва, Хорошевское шоссе, 76А
**РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

В практике проведения экспериментов с выращиванием растений в водной культуре одним из критических этапов является обеспечение роста проростков сразу после их высадки на культивационные поверхности. Наиболее простым и удобным методом при решении задач такого рода является высаживание проростков на специальные посадочные крышки со сквозными отверстиями (посадочными гнездами) с последующим культивированием в изолированных от внешней среды вегетационных сосудах, заполняемых питательным раствором. При этом важно, чтобы материал посадочной крышки был гидрофобным и достаточно прочным, чтобы выдерживать вес растущих растений. Этот метод давно используется при работе с крупносемянными культурами (огурец, кукуруза), однако для мелкосемянных культур (салат, морковь, различные виды капусты) существует ряд особенностей. Во-первых, проростки и, в частности, корни этих культур растут медленно, поэтому посадочная крышка должна быть тонкой, чтобы корешки могли дотянуться до раствора, а посадочные гнезда иметь малый диаметр, чтобы проростки не проваливались вниз. Во-вторых, корешки проростков этих видов имеют сложную извилистую форму и при этом чувствительны к механическим воздействиям, что затрудняет их посадку без травмирования. Нами был предложен метод выращивания мелкосемянных видов растений на посадочных крышках из перфорированного пищевого пластика толщиной 2 мм и диаметром 1 мм. Семена китайской капусты проращивали в чашках Петри в течение 3 суток и отбирали проростки с длиной корешка не менее 3,0 см и с не полностью раскрывшимися семядольными листьями. Проростки высаживали в посадочные гнезда с нижней стороны крышки. Крышки с проростками помещали в ванны с 0,5 мМ раствором $CaSO_4$ на двое суток для лучшего укоренения. В возрасте 5 суток проростки в посадочных крышках устанавливали на заполненные питательным раствором стеклянные вегетационные сосуды объемом (120 ± 5) мл, добиваясь, чтобы все корни были направлены вниз и не прилипали к крышкам. Раствор в сосудах меняли ежедневно, следя за тем, чтобы все корни и нижние части стеблей находились в растворе, а основания растущих листьев – над поверхностью посадочных крышек. Опыты показали, что такая методика позволяет культивировать растения китайской капусты в течение не менее 24 суток при практически 100 %-й выживаемости проростков.

ФЕНОТИПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ H_2-ПРОДУЦИРУЮЩИХ КУЛЬТУР МИКРОВОДОРОСЛЕЙ СЕМЕЙСТВА *CHLORELLACEAE*

Муравицкая А.О.[1*], Светлаков В.И.[1], Бондаренко В.Ю.[1], Калейник М.Д. [1], Самович Т.В.[2], Козел Н.В.[2], Габриелян Л.С.[3], Маноян Д.Г.[3], Демидчик В.В.[4]
[1]Белорусский государственный университет, пр-т Независимости, 4, г. Минск, Беларусь, **e-mail: muravitskayaao@bsu.by*
[2]Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь
[3]Ереванский государственный университет, ул. Манукяна 1, г. Ереван, Армения
[4]Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: demidchik@botany.by*

Переход на «зеленые» источники энергии имеет огромное значение для устойчивого развития стран, не обладающих большими запасами ископаемых углеводородов. В этой связи селекция и исследование высокопродуктивных штаммов микроводорослей семейства *Chlorellaceae*, способных осуществлять синтез H_2 для промышленных целей представляется актуальной задачей современной биотехнологии. Потенциальным решением проблемы отбора продуцентов H_2 является применение подходов цифрового фенотипирования. Согласно развиваемой нами гипотезе, различия фенотипических характеристик клеток водорослей могут коррелировать с их способностью производить H_2. Целью данной работы являлись оценка продукции H_2 и цифровой анализ фенотипа клеток представителей семейства *Chlorellaceae*. В качестве объектов исследования выступали штаммы микроводорослей родов *Chlorella* и *Parachlorella* белорусской и армянской селекции. Для количественного определения H_2, выделяемого клетками в анаэробных условиях, была адаптирована методика измерения окислительно-восстановительного потенциала системы при помощи редоксометрических электродов. Первичная обработка цифровых изображений клеток водорослей осуществлялась с помощью разработанной нами компьютерной программы, позволяющей детектировать и анализировать отдельные клетки. Анализ фенотипических характеристик водорослей для оценки корреляции между способностью к продукции H_2 и свойствами фенотипа производился при помощи сверточной нейронной сети, способной производить классификацию объектов на основании выделенных признаков. Наибольшая продукция H_2 была обнаружена у штамма *P. kessleri* PA-002, продемонстрировавшего максимальный выход H_2 на среде TAP при депривации серы (42 ± 2,6 ммоль H_2 г сухой массы$^{-1}$). Нейронная сеть идентифицировала изучаемые штаммы микроводорослей семейства *Chlorellaceae* с точностью, превышающей 95 %. Депривация элементов минерального питания (N и S) приводила к изменению фенотипа клеток микроводорослей (точность более 85 %). Анаэробные условия оказывали дополнительное влияние на изменение фенотипа микроводорослей, что подтверждалось способностью нейронной сети распознавать классы изображений клеток микроводорослей, выращенных при наличии либо отсутствии O_2 в среде, с точностью более 90 %.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ К ЗАСОЛЕНИЮ

Налбандян А.А., Федулова Т.П., Моисеенко А.В., Руденко Т.С., Черепухина И.В.
ФББНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова» 396030, Воронежская область, Рамонский район, п. ВНИИСС, д.86, Россия, *e-mail: arpnal@rambler.ru*

Большой успех в решении и понимании проблемы адаптации растений к засолению достигнут с развитием методов молекулярной генетики, что позволило идентифицировать многие гены, активирующиеся при засолении. Выявлено, что в ответ на повышение концентрации NaCl, увеличивается уровень экспрессии генов, контролирующих белки семейства NHX-антипортеров, локализованных на клеточной и вакуольной мембранах. Было проведено изучение устойчивости селекционно-ценных генотипов сахарной свёклы к засолению в лабораторных условиях. Для эксперимента были выбраны следующие концентрации хлорида натрия (NaCl): 150мМ NaCl, 280мМ NaCl,500мМ NaCl. По активности аскорбатпероксидазы (КФ 1.11.1.11) наиболее высокие показатели выявлены у отечественных генотипов МС17070 (115,01 Е/мг при 70мМ NaCl), Оп18094 (42,3 Е/мг при 70мМ NaCl) и у иностранного гибрида Хамбер (68,6 Е/мг при 70мМ NaCl). Установлено увеличение активности каталазы (КФ 1.11.1.6) у образцов РМС-127, О-тип 2113, ОП 021722, ОП 021729 при увеличении концентрации NaCl до 150мМ и увеличение активности супероксиддисмутазы (КФ 1.15.1.1) у растений гибрида сахарной свёклы РМС-127, МС 020022, ОП 021722 и ОП 021729 при увеличении концентрации NaCl до 280мМ. Данные генотипы отобраны, как устойчивый исходный материал для включения в селекционный процесс. Выявлено увеличение активности аскорбатпероксидазы и глутатионредуктазы (КФ 1.6.4.2) у всех изученных генотипов сахарной свеклы, находящихся в условиях повышенных концентраций NaCl. При засолении наблюдается индукция дополнительной изоформы аскорбатпероксидазы, что может являться частью адаптивного ответа при солевом стрессе. В результате изучения генов *NHX1, NHX4* и *NHX5* были отобраны генотипы с генами устойчивости к засолению МС17070, Оп18094, $F_1$19170 и гибрид Льговской ОСС. Высокий уровень относительной экспрессии показал и иностранный гибрид Хамбер. Показано увеличение экспрессии генов *MsIC* и *OSM*, участвующих в трансмембранном транспорте у растений сахарной свеклы, выращенных в условиях относительно умеренного засоления (150 мМ и 280 мМ NaCl). По результатам анализа экспрессии генов установлена ключевая роль гена NHX5 в формировании устойчивости к засолению у растений сахарной свёклы.

ГАЛОТОЛЕРАНТНЫЕ БАКТЕРИИ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ

Наумович Н.И.
Институт микробиологии НАН Беларуси, 220084, г. Минск, ул. акад. В.Ф. Купревича, 2, *e-mail: naumovichnadezda@yandex.ru*

Отходы ОАО «Беларуськалий», содержащие технический хлористый натрий (галит) негативно влияют на микробиологическую активность почвы, в том числе на численность азотфиксирующих бактерий, играющих важную роль в стимуляции роста растений. Анализ обилия гена нитрогеназной активности nifH в образцах почв, подвергавшихся длительному техногенному засолению показал, что количество копий nifH гена увеличивается от $2{,}5 \cdot 10^3$ до $5{,}0 \cdot 10^5$ копий/г почвы при удалении от источника загрязнения и снижении содержания хлорида натрия в образцах почвы. Из образцов почвы, отобранных в районе действия выбросов ОАО «Беларуськалий», было выделено 315 галотолерантных изолятов и отобраны 2 из них, обладающих наибольшей азотфиксирующей активностью, фосфатсолюбилизирующей и ростстимулирующей способностью, положительно влияющих на всхожесть семян, развитие проростков редиса, наиболее чувствительной тест-культуры при определении фитотоксичности микроорганизмов и почвы, а также на всхожесть семян и накопление биомассы проростками лядвенца, используемого для рекультивации загрязнённых экосистем. Изучение физиолого-биохимических свойств солеустойчивых изолятов СА-6, Ср-1, способных переносить хлорид натрия в концентрации 1197 – 2565 ммоль/л, позволило с помощью микробиологических и молекулярно-генетических методов идентифицировать изолят Ср-1 как *Priestia megaterium,* а СА-6 – *Rhodococcus jostii*. В геноме *Priestia megaterium Ср-1* идентифицированы гены, ответственные за синтез осмолитов бетаина и пролина, транспорт ионов калия, что обеспечивает адаптацию к осмотическому стрессу. Определены генетические локусы, кодирующие белки-шапероны теплового и холодового шока (устойчивость к температурному стрессу), гены, детерминирующие синтез гетероауксина, путресцина, ацетоина и 2,3-бутандиола, устойчивость к тяжёлым металлам. Выделенные штаммы используют в качестве единственного источника углерода углеводороды нефти и устойчивы к ионам тяжёлых металлов, что обеспечивает им выживаемость в верхнем корнеобитаемом слое почвы вдоль автомагистралей, обработанных противогололедным реагентом (галитом). Интродукция галотолерантных бактерий, составляющих основу микробного препарата «Биотилия», в почву, нарушенную засолением, способствует увеличению содержания фосфатсолюбилизирующих и олигонитрофильных микроорганизмов, в том числе азотфиксаторов, в 1,6 - 2,5 раза, обеспечивает повышение содержания в ассимилирующих органах липы и каштана свободного пролина: в листьях липы в 2,4 раза, а каштана – 1,3 раза к концу вегетационного периода, что повышает устойчивость деревьев к осмотическому стрессу.

ВЛИЯНИЕ ПРОТРАВИТЕЛЯ ТИРАМ В ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ СОСТАВАХ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ

Небышинец П.А., Ламан Н.А., Самович Т.В., Кем К.Р.
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: polinanebyshinets@gmail.com*

Обработка семян перед посевом позволяет защитить молодые растения от вредителей и болезней, увеличить выход жизнеспособных проростков, обеспечить хороший старт их роста и развития на ранних этапах, особенно в холодной и сырой почве. Концентраты суспензий протравителей, которые используют для обработки, требуют нанесения достаточно большого количества действующего вещества из-за риска его осыпания при проведении предпосевных манипуляций и посева. Даже если этого удается избежать, такое количество действующего вещества конечно защитит семена, однако может быть губительно для нецелевых объектов (полезных грибов и микроорганизмов), находящихся в почве. В этой связи усилия ученых направлены на создание препаратов узкого спектра действия, либо разработку способов, позволяющих снизить существующие дозы фунгицидов без потери эффективности. Нами разработаны пленкообразующие составы, основным компонентом которых являются органические растворители и пленкообразователь ПВА. Действующие вещества большинства существующих на рынке протравителей плохо растворимы в воде, и очень хорошо в органических растворителях. Таким образом, разработанные пленкообразующие составы позволяют снизить дозы фунгицидов, инсектицидов, акарицидов. Проведена серия экспериментов, в ходе которых обработку семян огурца сорта Малышок и кукурузы сортов Якуб, Полесский 212, Вивален 3419 осуществляли пленкообразующим составом (2 % ПВА в изопропиловом спирте), содержащим Тирам (ТМТД – Тетраметилтиурамдисульфид) в рекомендуемой производителями смесей дозе (1,6 кг/т семян), а также уменьшенной в два и четыре раза дозе. Во всех случаях, за редким исключением, Тирам оказался эффективен, развитие грибковой инфекции не наблюдали при разных вариантах постановки опыта (проращивание семян в чашках Петри, в рулонах. Сравнение вели с необработанными семенами и вариантами, обработанными коммерческим препаратом в рекомендуемой дозе.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ БАКТЕРИЙ РАСТЕНИЯМИ СЕМЕЙСТВА *SOLANACEAE*

Николайчик Е.А., Колубако А.В., Шруб Е.В.
Белорусский Государственный университет, Минск, пр. Независимости, 4,
e-*mail: nikolaichik@bsu.by*

Биотический стресс, вызываемый фитопатогенами, является одной из основных причин, снижающих продуктивность растений. Понимание механизмов сигнализации между растением и патогеном при формировании и развитии патосистемы позволяет выявить способы манипуляции этими процессами для повышения устойчивости растений. В нашей многолетней работе исследованы ключевые аспекты молекулярных коммуникаций между бактериями (в основном рода *Pectobacterium*) и растениями семейства *Solanaceae*. Ключевыми особенностями этих коммуникаций можно считать следующие: - Основными факторами вирулентности пектобактерий являются секретируемые ферменты-деполимеразы компонентов клеточной стенки растения (не менее 30 ферментов); - Растения способны детектировать активность деполимераз и активировать соответствующие защитные реакции; - Во избежание активации растительного иммунитета продукция деполимераз строго контролируется патогеном, и ей предшествует работа сигнальных систем как патогена, так и растения-хозяина; - *Pectobacterium* spp. манипулируют работой сигнальных цепочек растения, связанных с активацией растительного иммунитета, затрагивая жасмонатную, салицилатную и АБК-зависимую сигнализацию; - Выявлены механизмы активации и подавления патгеном PAMP- и эффектор-зависимого иммунитета (PTI и ETI); - Ранние стадии сигнализации определяют, по какому пути пойдет развитие патосистемы: латентной или системной инфекции; - Переход от латентной к системной инфекции связан с вмешательством патогена в жасмонатную сигнализацию, а также зависит от кальций-зависимого переключения спектра продуцируемых патогеном пектиназ. На основании выявленых закономерностей будут предложены подходы к повышению устойчивости растений сем. *Solanaceae* к бактериозам.

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И АКТИВНОСТЬ ФАЛ В ПРОРОСТКАХ ЯЧМЕНЯ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ СОЛЕВОМ СТРЕССЕ

Овчинников И.А.[1], Калацкая Ж.Н.[1], Гилевская К.С.[2], Николайчук В.В.
[1]Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, Минск, Академическая, 27, *e-mail: igor-1606@mail.ru*
[2]Институт химии новых материалов НАН Беларуси, Минск, Ф.Скарины 36

Остается актуальным исследование низкомолекулярных фенольных соединений в качестве индукторов устойчивости к абиотическим стрессам и регуляторов роста растений. Однако многие из этих соединений обладают недостатками, заключающимися в плохой растворимости и низкой биодоступности. Одним их способов изменения биодоступности и расширения биологической активности фенольных соединений является связывание их с хитозаном, что позволяет создавать производные с улучшенной растворимостью и высокой антиоксидантной активностью. Цель работы – изучение влияния обработки семян ячменя конъюгатами хитозана с кофейной кислотой (Х30-КФК) или феруловой кислотой (Х30-ФРК) на содержание фенольных соединений (ФС) и активность ключевого фермента биосинтеза фенольных соединений фенилаланинамиаклиазы (ФАЛ) при кратковременном натрий-хлоридном солевом стрессе и в постстрессовый период. При оптимальных условиях роста на 6-е сутки обработка Х30-ФРК не изменяла содержания ФС и активность ФАЛ, а Х30-КФК снижала на 9 % содержание ФС и на 33,3 % активность фермента. На 10-е сутки содержание ФС и активность ФАЛ снизилась в контрольных проростках, при этом Х30-ФРК вызвала еще большее снижение исследуемых показателей на 23 % и 20 % соответственно, а при применении Х30-КФК содержание ФС и активность ФАЛ сохранились на уровне контрольных значений. Солевой стресс не оказал значимого влияния на исследуемые показатели в контрольных проростках, отмечена тенденция снижения содержания ФС и значительное ингибирование активности ФАЛ в ответ на обработку конъюгатами. В постстрессовый период содержание ФС и активность ФАЛ в контрольных и развивающихся из обработанных Х30-ФРК семян проростках практически не отличалась от значений у растений из оптимальных условий выращивания. Х30-КФК в постстрессовый период вызвало снижение накопления ФС относительно обработанных растений из оптимальных условий и значительное ингибирование активности ФАЛ как по отношению как к аналогичному варианту из оптимальных условий, так и стрессовому контролю. Учитывая опережающий контроль рост проростков из варианта обработки Х30-КФК в постстрессовый период предполагаем, что конъюгат Х30-КФК нивелировал стрессовую нагрузку, вызванную кратковременным натрий-хлоридным засолением, что предотвратило активацию защитных реакций растения, включающих синтез и накопление фенольных соединений.

ВНУТРИВИДОВОЙ ПОЛИМОРФИЗМ У *SOLIDAGO VIRGAUREA* L.

Олешук Е.Н., Ламан Н.А., Самович Т.В.
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: oleshen@mail.ru*

Большинство видов рода золотарник являются травянистыми цветковыми растениями, которые встречаются в естественной флоре, некоторые из них культивируются в качестве лекарственных и декоративных. В Европе золотарник позиционируется как перспективное лекарственное растение с широким спектром фармакологических свойств. В фитоценозах Беларуси представлен аборигенный вид золотарник обыкновенный или европейский (*S. virgaurea* L.), который обитает среди кустарников, в незагущённых лесах, на лугах, пустырях, в оврагах. Золотарник неприхотлив в отношении климата, нетребователен к почве. Внешне по сравнению с инвазивными видами европейский золотарник отличается более компактным соцветием, многолетний куст аборигенного вида также более плотный и компактный. Цветение *S. virgaurea* продолжается с июля по сентябрь. Материалом для исследований были саженцы *S. virgaurea*, полученные из семян в лабораторных условиях, которые затем были использованы для закладки полевых опытов. Развитие растений (21 экз.) изучали на учебно-опытном участке Белорусского Государственного Медицинского Университета в течение вегетационных сезонов 2023 – 24 гг. В период цветения проведена оценка морфологических особенностей (параметров) развития золотарника. Сравнение растений проводили визуально и морфометрическими методами. Учитывали такие параметры как высота растений, величина листьев, размер и степень сложености соцветий, цветочных корзинок, наличие антоциановой окраски листьев и побегов. Выявлено, что золотарник обыкновенный весьма изменчивый полиморфный вид. Внутривидовой полиморфизм – достаточно распространенное явление в природе. Способность вида *S. virgaurea* менять фенотип в зависимости от среды обитания, проявляется как разнообразие строения, окраски, размеров и других внешних признаков. Выявлена неравномерность фенологического развития растений и большие колебания по накоплению биомассы, размеру отдельных экземпляров аборигенного золотарника. Установлено, что при культивировании в контролируемых условиях, по сравнению с естественными условиями произрастания, у золотарника внутривидовые различия более выражены, возможно, вследствие лучшей обеспеченности светом и минеральным питанием. Нами выявлены существенные различия в высоте растений, длине и форме соцветий, времени начала-завершения цветения и образования семян. Высота растений в полевых опытах варьировала от 26 см до 98 см, длина соцветий от 13 см до 59 см, количество побегов от 3 до 48. Преобладающие хорошо облиственные растения высокорослого и среднерослого морфотипов отнесены к наиболее продуктивным и перспективным с целью промышленного культивирования для нужд фармацевтики.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ К СТРЕССОВЫМ УСЛОВИЯМ

Падутов В.Е., Можаровская Л.В.
Институт леса НАН Беларуси, 246001, ул. Пролетарская,71, Гомель, Беларусь,
e-mail: milamozh@yandex.ru

В условиях изменяющегося климата в лесных насаждениях Беларуси отмечаются негативные тенденции, связанные с потерей биологической устойчивости и, как следствие, широким распространением болезней и вредителей. Значимую роль в формировании устойчивости растений к воздействию стресса играет адаптация. Адаптация, как генетически детерминированный процесс формирования защитных систем, обеспечивает повышение устойчивости и приспособление растительного организма к условиям произрастания. Под действием стрессового фактора происходит активация различных групп генов и синтез кодируемых ими защитных белков. Для сосны обыкновенной (ювенильные растения) в условиях холодового стресса (низких положительных температур) проведен анализ экпрессирующихся генов. Повышенная функциональная активность отмечена для генов, кодирующих: шапероны – белки теплового шока (HSP70, HSP90), а таже шапероноподобные АТФазы (AAA+); LEA-белки, в том числе дегидрины (семейство LEA2); аквапорины – мембранные белки регуляции водного обмена клетки; Ca^{2+}-связывающий белок, кальретикулин. Наблюдалось повышение уровня транскрипции генов *sams* и *samdc*, детерминирующих процессы биосинтеза этилена (гормональная регуляция) и высших полиаминов (антиоксидантная система), соответственно. Следует отметить, что идентифицированные защитные гены принимают участие в адаптации растений и в условиях водного дефицита, а также засоления. При анализе дифференциальной экспрессии генов ювенильных растений сосны обыкновенной подверженных биотическому стрессу, выращенных в присутствии инфекционного фона *Fusarium sp.,* повышенная экспрессионная активность отмечена для ряда PR- и R-генов, но также и генов, кодирующих LEA-белки (LEA3 семейства), ко-шапероны *HSP40S*. Немаловажная роль в ответных реакциях к стрессовым факторам отводится и вторичным метаболитам. Терпены для хвойных растений помимо химической и физической защиты, могут выполнять защитную роль от абиотических стрессов, таких как засуха, засоление, высокие и низкие температуры. В данном исследовании для сосны обыкновенной идентифицированы терпенсинтазы, участвующие в метаболизме монотерпенов – (-)-α-пинена и (+)-3-карена, и сесквитерпена – α-фарнезена. Таким образом, выявлены изменения активности генов, определяющих основные молекулярные механизмы адаптации растений сосны обыкновенной к холодовому стрессу и защитных реакциях при биотическом стрессе. Идентифицированные нуклеотидные структуры транскриптов защитных генов используются в качестве ДНК-маркеров для диагностики растений сосны обыкновенной с повышенной устойчивостью.

СИНТЕЗ НАНОБИОКОМПОЗИТОВ СЕЛЕНА И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Панов Д.А.
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», пр. Академика Вернадского, 4, г. Симферополь, Республика Крым, 295007, Россия,
e-mail: panova_sim@mail.ru

В последнее время интерес к микроэлементу селену не ослабевает. Это связано с его недостатком во многих регионах мира. Содержание селена будет только уменьшаться в результате антропогенных нарушений, вызванных загрязнением биосферы тяжелыми металлами и серой. В нестоящее время роль наноселена в жизнедеятельности растений изучена недостаточно. Большинство работ связно с исследованием накопления селена в растениях с точки зрения возможности обогащения этим элементом человека и животных при лечении и профилактики селенодефицита. Остается недостаточно изученным влияние наночастиц селена на рост и развитие культурных и декоративных растений. Водорастворимую композицию наноселена получали путем восстановления селенита натрия аминокислотой L-цистеином и стабилизацией альгинатом натрия, обладающего широким спектром биологической активности. Этот метод синтеза можно отнести к «зленой нанохимии». Исследовано формирование полученных наночастиц селена методом оптической спектроскопией и показано, что в спектрах поглощения присутствуют индивидуальные узкие оптические полосы, свойственные кластерам различной сложности с максимум поглощения λ = 253–256 нм, характерные для нульвалентного селена. Методами просвечивающей электронной и атомно-силовой микроскопией показано, что в образцах преобладают наноразмерные частицы с формой, близкой к сферической и обладают узким интервалом распределения по размерам (24–34 нм). Эти частицы длительное время (более двух месяцев) сохраняют агрегативную устойчивость, подтвержденную данные физико-химических исследований. 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. Синтезированный нанобиокомпозит селена был использован для определения ростовых показателей семян культурных растений: гороха сорта «Мадонна», ячменя сорта «Кузен» и пшеницы сорта «Подолянка». Селеносодержащая наноструктура оказывала существенное влияние на энергию прорастания и всхожесть семян, а также наблюдалось увеличение сухой массы корней и надземной части. При этом, более высокое стимулирующее действие селен оказывал на прирост биомассы корней. Таким образом, наноразмерный селен может быть перспективным компонентом при создании новых безопасных и эффективных препаратов пролонгированного действие.

DETERMINING *NAUCLEA OFFICINALIS* AND *PAEDERIA SCANDENS* TERPENOIDS AND STUDYING THEIR ANTI-INFLAMMATORY EFFECTS

Peng Y.[1,2*], Demidchik V.[3]
[1]Belarusian State University, 4 Independence Ave., 220030, Minsk, Belarus
e-mail: archer6947@outlook.com
[2]Hainan Vocational University, Haikou 570100, China
[3]Institute of Experimental Botany, National Academy of Sciences of Belarus, Akademichskaya 27, 220044, Minsk, Belarus

Terpenoids are important compounds that are involved in plant stress responses and also used in bio-industries. Here, terpenoids of two *Rubiaceae* plants, *Nauclea officinalis* and *Paederia scandens*, were investigated. The boiling water extracts of these two species were analyzed using UHPLC-ESI-QE-Orbitrap-MS. By comparing with the mzCloud database, terpenoids with a matching rate of 85 % were identified. The extracts of *N. officinalis* mainly contained eight pentacyclic triterpenoids, including Arjungenin, Asiatic acid, and Cafestol, as well as diterpenoids (Andrographolide) and iridoid compounds (Loganin). The aqueous extracts of *P. scandens* contained monoterpenoid Rosiridin, diterpenoid Andrographolide, and 5 iridoid compounds including Loganin and Geniposide. To verify the anti-inflammatory efficacy of the extracts, they were added to the lipopolysaccharide (LPS)-induced RAW264.7 cell inflammation model. The results showed that the both extracts could reduce the secretion of proinflammatory cytokines IL-1β, IL-6, and TNF-α and the mortality rate of cell inflammation by inhibiting the activation of the *NF-κB/NLRP3* pathway. Acknowledgments: The project was funded by Natural Science Foundation of Hainan, China (no.324QN284) and Higher Education Scientific Research Project of Hainan, China (No. Hnky2022ZD-21).

БИОХИМИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ КЛЕТОЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА К УСЛОВИЯМ ГИПОКСИИ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ Г-ГИДРОКСИБУТИРАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ В ПРОРОСТКАХ КУКУРУЗЫ *ZEA MAYS* L.

Плотникова Е.В., Анохина Г.Б., Епринцев А.Т.
Воронежский государственный университет, г. Воронеж, 394018 Россия,
e-mail: bc366@bio.vsu.ru

Дефицит кислорода служит одной из самых распространенных причин снижения урожайности сельскохозяйственных культур. В условиях гипоксии нарушается клеточный метаболизм, что приводит к усиленной выработке активных форм кислорода, которые вызывают повреждение важных клеточных компонентов. Среди негативных последствий недостатка кислорода особенно заметны аномалии функционирования клеточных путей, таких как цикл Кребса (ЦТК) и шунт γ-аминомасляной кислоты (ГАМК-шунт). Для преодоления стрессовых условий в клетках растений осуществляется особый путь, который обеспечивается функционированием γ- гидроксибутиратдегидрогеназы (ГБДГ, КФ 1.1.1.61), который обеспечивает ответвление последней реакции ГАМК-шунта и выход на энергетический метаболизм. Нами исследовано влияние экспериментальных гипоксических условий на ферментативную активность ГБДГ в 10-дневных проростках кукурузы сорта Воронежская-76, выращенных гидропонно. Регистрация изменений активности энзима осуществлялась спектрофотометрически при длине волны 340 нм по скорости восстановления $НАД^+$ в НАДН, которое происходит при превращении гамма-оксимасляной кислоты в сукциниловый полуальдегид. Было установлено, что в условиях действия дефицита кислорода активность ГБДГ значительно по сравнению с контрольной группой, которая на протяжении всего времени эксперимента находилась в среде с нормальным уровнем кислорода. Выявлено, что ГБДГ-активность достигает своего максимума к третьему часу эксперимента. Полученные данные иллюстрируют компенсаторную активацию ГБДГ в листьях кукурузы в условиях действия недостатка кислорода. Функционирование ГБДГ позволяет растительному организму поддерживать энергетический метаболизм в первые часы гипоксии, обеспечивая адаптацию к изменяющимся условиям среды.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания ВУЗам в сфере научной деятельности на 2023–2025 г., проект № FZGU-2023-0009.

СНИЖЕНИЕ СТРЕССОВОЙ НАГРУЗКИ НА ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ «ПРИРОДНЫХ» АНТИОКСИДАНТОВ

Подобед П.И.[1], Нестерович М.А.[1], Русакович А.А.[2], Черныш М.А.[2*]
[1]УО «Национальный детский технопарк», ул. Ф. Скорины, 25 к3, г. Минск, Беларусь
[2]Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, г. Минск, Беларусь, **e-mail: chernyshmaryia@gmail.com*

Растительные организмы постоянно подвергаются многочисленным стрессовым воздействиям, одним из ключевых стресс-факторов является засоление почвы. Солевой стресс, как и многие другие стресс-факторы, приводит к генерации и накоплению свободных радикалов, определяющих окислительный стресс. Стрессовые воздействия приводят к значительной потере урожая при культивировании сельскохозяйственных культур. В связи с чем целью данной работы стал поиск эффективных природных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами, а также оценка их воздействия на морфометрические параметры высших растений в условиях солевого стресса. Наибольшей повреждающей активностью среди АФК обладает гидроксильный радикал. Его определение методом ЭПР-спектроскопии проводилось с использованием спиновой ловушки DMPO. Сигнал спинового аддукта DMPO-OH$^{\bullet}$ в системе, генерирующей гидроксильный радикал, использовался в качестве контроля. Добавление к системе, генерирующей гидроксильный радикал 0,3 мМ аскорбата, а также экстрактов из шиповника, розмарина, зелёного чая, винограда и соков черники и клубники показало, что все протестированные вещества демонстрируют антиоксидантную активность, существенно снижая ЭПР-сигнал DMPO-HO$^{\bullet}$, что, вероятно, связано с их способностью нейтрализовать гидроксильный радикал. Т.к. наибольшая эффективность была определена для аскорбата, экстрактов розмарина, шиповника и винограда, дальнейшие тесты проводились с использованием данных соединений. Было оценено влияние солевого стресса на ростовые показатели растений *Arabidopsis thaliana* и *Triticum aestivum*. Засоление вызывает у растений стрессовое состояние, значительно снижая их ростовые параметры, при этом добавление небольших концентраций (50 мМ) NaCl к среде культивирования может стимулировать ростовые процессы, вызывая гормезисный эффект. Добавление к среде, содержащей 100 мМ NaCl стресс-протекторов выявило, что экстракт розмарина демонстрирует наилучшие результаты, стимулируя рост корней и арабидопсиса, и пшеницы на 44 %. Полученные результаты свидетельствуют о высоком содержании антиоксидантов в культуре розмарина и могут быть использованы для снижения стрессовой нагрузки на растения. Внесение в среду экстрактов шиповника, винограда и 0,3 мМ аскорбата оказывало неоднозначный эффект на исследуемые растения, что может быть связано со спецификой метаболических реакций каждой из культур на добавление антиоксидантов в среду культивирования, и, следовательно, воздействие данных соединений требует дальнейшего изучения.

ОЦЕНКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ИЗ РОДА НЕДОТРОГА

Позняк А.С., Прохоров В.Н., Карасёва Е.Н., Азза М.Д., Бабков А.В., Сак М.М
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, 220072, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: alya.poznyak.01@mail.ru*

Инвазивные виды часто являются причиной исчезновения аборигенных организмов, деградации редких и находящихся под угрозой экосистем, снижения продуктивности сельскохозяйственных культур и др. В связи с этим, очень важно понять, какие биотические и абиотические факторы оказывают решающее влияние на увеличение уровня их инвазивности. Почему инвазивные растения часто более конкурентоспособны в новом ареале, чем в их родном, является центральным вопросом инвазивной биологии. Существуют различные гипотезы объяснения повышенной конкурентоспособности инвазивных видов растений. Отмечается, что во многих случаях аллелопатия является ключевым механизмом проявления инвазивности у растений и может способствовать чужеродным видам стать доминирующими в новых растительных сообществах. В настоящее время механизм аллелопатии до конца не изучен. Поэтому цель наших исследований – изучить влияние содержания фенольных соединений на аллелопатическую активность инвазивных видов растений из рода Недотрога. Для достижения поставленной цели были проведены серии лабораторных опытов по оценке влияния различных концентраций (10 %, 1 %, 0,1 %, 0,01 %, 0,001 %) водных экстрактов, полученных из надземной биомассы инвазивных видов растений рода Недотрога (недотрога мелкоцветковая, недотрога железконосная) на рост проростков тест-культуры (редис посевной). Одновременно в растениях инвазивных видов определяли общее содержание фенольных соединений, содержание флавоноидов и антиоксидантную активность. Установлено, что максимальное ингибирующее влияние на линейный рост проростков редиса посевного оказывает 10 %-ная концентрация экстракта из надземной биомассы недотроги мелкоцветковой (длина побегов редиса посевного по сравнению с контролем составила 51,0 %). Влияние экстракта из растений недотроги железконосной проявлялось значительно слабее (81,3 %). Проведенный биохимический анализ подтвердил полученные закономерности по аллелопатической активности инвазивных видов недотрог. Ниибольшие значения общего содержания фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантной активности характерны для растений недотроги мелкоцветковой по сравнению с недотрогой крупноцветковой. Они составили для недотроги мелкоцветковой 34,21 ± 2,35 мг/г сухого веса, 13,4 мг/г ± 0,63 сухого веса и 94,44 ± 3,35 мг/г сухого веса, а для недотроги железконосной соответственно 13,37 ± 0,37, 4,52 ± 0,51 и 82,93 ± 0,54.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (Грант БРФФИ Б24МП-004, № Б22-034 от 04.05.2022 г.).

АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ В ОТНОШЕНИИ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ

Полянская С.Н., Иванов О.А., Лазаревич Д.К., Цвирко Е.Д., Сидорченко Е.С.
Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича, Республика Беларусь, г. Минск, *e-mail: protlife1984@gmail.com*

Бактериозы сельскохозяйственных растений являются серьезной проблемой во всем мире, среди всех видов культивируемых растений и приводят к потерям урожая в размере до 30 %, в отдельных случаях – до 100 %. Современные методы защиты растений от бактериозов часто неспецифичны и порой допускают использование медицинских и ветеринарных антибиотиков, что приводит к распространению бактериальной антибиотикорезистентности. Распространяемым в последние годы методом защиты растений от бактериальных патогенов является использование биологических агентов, таких как бактерии и грибы-антагонисты. Здесь мы рассматриваем антибактериальную активность экстремофильных микромицетов Восточной Антарктиды, которые потенциально могут быть продуцентами новых типов соединений с антибактериальной активностью. Для оценки антибактериальной активности антарктических грибов использовали этилацетатные и бутанольные экстракты культуральной жидкости грибов, культивируемых при температурах +5 °С, +10 °С, +20 °С, +25 °С, на разных питательных средах (PDA, Чапек, модифицированный Чапек) в течение 30 суток. Метод оценки – диффузия в агар. Критерием выделения исследуемых микромицетов в лидерные штаммы для более детального изучения являлось формирование хотя бы одним типом экстракта зоны ингибирования роста бактерий диаметром не менее 21 мм. По результатам скрининга антибиотической активности 22 таксонов антарктических микромицетов в отношении распространенных фитопатогенных бактерий (*Pectobacterum cartovorum, Clavibacter michiganensis, Pseudomonas syringae, Xanthomonas campestris*) определены следующие лидерные штаммы экстракты культуральных жидкостей которых подавляли рост одной или нескольких бактерий, а также и условия их: Penicillum sp: *C. michiganensis.* Среда PDA, +10 °С и +20 °С. Chaetomium globossum, st. 1: *C. michiganensis, P. syringae, P. cartovorum, X. campestris* Среда PDA, +10 °С и +20 °С. Trichoderma viride: *C. michiganensis, P. syringae, P. cartovorum, X. campestris.* Среда Чапека, М. Чапек, PDA +5 - +25 °С. Pseudogymnoascus pannorum, st. 2: *C. michiganensis, X. campestris.* Среда PDA, Чапек, +5 °С, +10 °С. Pseudogymnoascus pannorum, st. 1: *P. syringae.* Среда PDA, М. Чапек, +10 °С, +25 °С. Cladosporium halotolerans: *C. michiganensis*. Среда PDA, +10 °С, +20 °С. Cladosporium cladosporioides: *C. michiganensis.* Среда PDA, +10 °С, +20 °С. Myrothecium verrucaria, st.1: *C. michiganensis.* Среда PDA, +10 °С.

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА РАСТЕНИЯ РАПСА И АЛЬТЕРНАРИОЗНЫЙ ГРИБ В ПАТОСИСТЕМЕ

Полянская С.Н.[1], Бакановская К.Д.[2], Шуканов В.П.[1], Корытько Л.А.[1], Мельникова Е.В.[1], Иванов О.А.[1]
[1]Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, ул. Академическая, 27, г. Минск, 220012
[2]Центральный ботанический сад НАН Беларуси, ул. Сурганова, 2в, г. Минск

В Республике Беларусь рапс является основной масличной культурой, что обусловлено в первую очередь дефицитом растительного масла для продовольственных, кормовых и промышленных целей, что требует увеличения производства рапсового масла. Существенной проблемой в культивировании рапса является заболеваемость растений альтернариозом, который на ранних стадиях приводит к гибели проростков и всходов культуры, при поражении листьев наблюдается «досрочное созревание» растений, способствующее недобору урожая семян и снижению семенных и технических показателей их качества. Поэтому важной задачей является минимизация вредного воздействия фитопатогенных грибов на растения. На сегодняшний день контроль за заболеваемостью растений основывается на многократном применении пестицидов, несмотря на их негативное влияние на окружающую среду и появление новых агрессивных рас патогенов, способных преодолевать фунгицидные свойства у вновь синтезируемых препаратов. Следовательно, необходимо продумывать и испытывать альтернативные способы предотвращения ущерба. Наиболее перспективным представляется поддержание взаимодействия патогена и растения-хозяина с помощью безопасных биологически активных веществ, способствующих опосредованному влиянию на патогены через растение. В лабораторных условиях изучали влияние Макрофитума, Экосила и Гидрогумата в полной и половинной дозировке на семена, проростки и растения ярового рапса различных сортов, споры фитопатогенного гриба, вызывающего альтернариоз рапса *Alternaria tenuissima* (Kunze) Wiltshire и развитие патосистемы рапс – возбудитель альтернариоза. В результате исследований установлено положительное влияние Макрофитума и Гидрогумата на процессы прорастания семян и роста первичных органов растений, а также ингибирование прорастания спор (до 56 %) фитопатогенного гриба. В модельной патосистеме выявлено, что в условиях биотического стресса Экосил и Гидрогумат предотвращали развитие окислительного повреждения растений вне зависимости от сорта, тогда как в действии Макрофитума выявлена сортоспецифичность. При наличии определенной фунгистатической активности защитное действие препаратов реализуется также и за счет опосредованных стресс-протекторных эффектов на растительный организм. Следовательно, их применение является перспективным приемом, позволяющим снизить химическую нагрузку на окружающую среду с одновременным увеличением болезнеустойчивости растений.

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РОСТА И РАЗВИТИЯ БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ИЗ РОДА НЕДОТРОГА (*IMPATIENS* L.) НА ИХ ИНВАЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

Прохоров В.Н.
Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси, 220072, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: prohoroff1960@mail.ru*

В настоящее время на фоне глобального изменения климата отмечается существенное увеличение численности популяций ряда инвазивных видов, в том числе из рода Недотрога. Эти виды заселяют нарушенные местообитания, активно внедряются в естественные лесные, прибрежные, луговые фитоценозы, часто образуя значительные по площади одновидовые сообщества, что негативно сказывается на природном биоразнообразии. В связи с этим, очень важно понять, какие биотические и абиотические факторы оказывают решающее влияние на увеличение уровня их инвазивности. Поскольку признаков, надежно отличающих инвазионные виды от других, не существует, перспективным подходом является сравнение признаков, различающихся между собой близкородственными видами, среди которых есть инвазивные Н. мелкоцветковая (*Impatiens parviflora*), Н. железконосная (*Impatiens glandulifera*) и аборигенные виды – Н. обыкновенная (*Impatiens noli-tangere*). Для оценки инвазионного потенциала на основе анализа литературных данных и собственных исследований был составлен перечень основных эколого-биологических показателей, влияющих на инвазивную активность данных видов из рода Недотрога. Перечень включает следующие показатели: высота растений, конкурентоспособность, пространственное размещение, продуктивность (шт. семян/растение и на единицу площади), расстояние рассеивания семян от материнского растения, мощность и расположение в почве корневой системы, степень поражения болезнями и вредителями во вторичном ареале, способность к формированию монодоминантных сообществ, способность к внедрению в растительные сообщества, отношение к освещенности, отношение к кислотности, плодородию, гранулометрическому составу и влажности почв, всхожесть семян, продолжительность цветения и периода от прорастания семян до формирования семенного потомства, скорость роста и развития в весенний период, аллелопатическая активность водных экстрактов и корневых экссудатов в почве и др. Степень влияния на уровень инвазионного потенциала оценивалась по 3-х бальной шкале (слабая, средняя, сильная). По результатам суммирования всех значений, полученных по шкале, определяли инвазионный потенциал. Использование такого подхода показало, что максимальное значение инвазионного потенциала имеет недотрога мелкоцветковая (53), меньшее недотрога железконосная (45), а минимальное недотрога обыкновенная (28). Полученные значения хорошо объясняют степень инвазивности этих видов в естественной среде обитания.

ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОХА ПОСЕВНОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО ФЕНОТИПИРОВАНИЯ

Прохорчик П.О.[1]*, Бондаренко В.Ю.[1], Кощиц Т.О.[1], Савич А.С.[1], Демидчик В.В.[2]
[1]Белорусский государственный университет, пр-т. Независимости, 4, Минск, Беларусь, **e-mail: polina.prohortchik@gmail.com*
[2]Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь.

Для углубленного изучения механизмов адаптации высших растений к стрессовым воздействиям в последние годы все более активно используются методы цифрового фенотипирования. Данная техника позволяет проводить детальный анализ фенотипических изменений, обеспечивая более точное понимание их реакций на внешние воздействия. Целью настоящего исследования являлся анализ изменения фенотипических признаков растений гороха посевного (*Lathyrus oleraceus* Lam., 1779; далее – горох) в ответ на солевой стресс с использованием методов цифрового фенотипирования, компьютерного зрения и машинного обучения. Растения гороха сорта Meraviglia Di Kelvedon проращивались в рулонах, а затем после появления гипокотиля пересаживались в 3 почвенные смеси (1 - песок, 2 - вермикулит, 3 - песок + вермикулит 1:1 / V:V). На 5-й день они обрабатывались NaCl (0,1 М и 0,3 М). Контрольные растения обрабатывались дистиллированной водой. Феномные данные регистрировались в течение 3 недель с помощью системы Phenospex TraitFinder. Мультиспектральные 3D-лазерные сканеры PlantEye F600 использовались для вычисления стандартных спектральных параметров и индексов NDVI, NPCI, GLI и PSRI. Было показано, что обработка растений гороха 0,3 М NaCl вызывала уменьшение нормализованного вегетационного индекса (NDVI) на 20-40 % по сравнению с контролем в песке, на 15-25 % в вермикулите, и на 10-30 % в смешанном субстрате. Нормализованный хлорофилльный индекс (NPCI) растений гороха, подвергшихся засолению, уменьшался на 30-40 % по сравнению с контролем в песке, на 20-30 % в вермикулите, и на 25-35 % в смешанном субстрате. Индекс "старения" (PSRI) растений гороха, подвергшихся засолению, увеличился на 15-25 % по сравнению с контролем в песке, не более чем на 5 % в вермикулите и в смешанном субстрате. Индекс зеленых листьев (GLI) растений гороха, подвергшихся засолению, уменьшился на 30-40 % по сравнению с контролем в песке, на 20-30 % в вермикулите, и на 25-35 % в смешанном субстрате. Более низкие концентрации соли (0,1 М NaCl) оказывали менее выраженный эффект на спектральные и морфологические параметры растений. Полученные данные продемонстрировали замедление роста и гибель клеток в условиях засоления, которые отражаются в значительном изменении ключевых электронных параметров фенотипа. В ходе работы были подобраны подходы для цифрового анализа фенотипа важной сельскохозяйственной культуры – гороха посевного.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *SOLANUM TUBEROSUM* В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКЦИИ ТУБУЛИНОВОГО ЦИТОСКЕЛЕТА

Пузина Т.И., Макеева И.Ю., Кириллова И.Г.
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орёл, Россия,
e-mail: tipuzina@gmail.com

Элементы цитоскелета через ассоциированные белки взаимодействуют с плазматической мембраной, внутриклеточными мембранами и органоидами. Деструкция цитоскелетных структур нарушает данный континуум, что должно сказаться на процессах, происходящих на мембранах. Физиологический механизм действия элементов цитоскелета на фотосинтетическую активность остается практически не исследованным. Изучали интенсивность нециклического фотофосфорилирования и фотосинтеза на фоне изменения содержания абсцизовой кислоты в зависимости от структурного состояния тубулинового цитоскелета. Объектом исследования были растения картофеля сорта Жуковский ранний, выращенные в почвенной культуре. В качестве деструктора микротрубочек использовали 15 мкМ раствор оризалина. О нециклическом фотофосфорилировании судили по утилизации неорганического фосфата. Интенсивность фотосинтеза определяли по поглощению CO_2 на газоанализаторе GFS-3000 FL (Германия). Содержание абсцизовой кислоты определяли методом биотестирования с последующим построением калибровочной кривой по АБК (Serva, Германия). В качестве биотеста использовали зону растяжения колеоптилей пшеницы сорта Московская 39. Анализировали листья седьмого яруса срединной формации. Деструкция микротрубочек оризалином вызвала фармакологический стресс, что существенно (в 3 раза) увеличило содержание АБК. На этом фоне отмечено значительное ингибирование процесса нециклического фотофосфорилирования (11,2 мкМ $Р_н$/(мг хл·ч) против 33,3 в контроле). Имеются сведения, что АБК снижает активность сопрягающего фактора, который во многом определяет процесс фотосинтетического фосфорилирования. Обработка оризалином вызвала снижение ассимиляции CO_2 почти на 20 %. По-видимому, это связано не только с закрытием устьиц под влиянием увеличения АБК, но и с изменением структурно-функциональной организации хлоропластов в условиях нарушения цитоскелет-мембранного комплекса под действием оризалина. Таким образом, фармакологический стресс, вызванный оризалином, увеличивает содержание АБК, что негативно сказывается на фотосинтетических показателях в условиях нарушения структуры тубулинового цитоскелета.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Пушкина Н.В.
НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, Беларусь, Минск,
e-mail: nadyapushkina@gmail.com

Первоначально обработка холодной плазмой в основном служила для стерилизации чувствительных к температуре материалов, чуть позже был отмечен положительный эффект инактивации патогенных микроорганизмов в пищевой промышленности, биомедицине, и в последнее десятилетие плазменная нетермическая обработка стала активно применяться в сельском хозяйстве. В связи с этим целью данной работы было исследование действия экзогенной обработки семян интенсивным электромагнитным излучением на всхожесть и первичные ростовые параметры редьки масличной *(Raphanus sativus L. var. oleifera Metzg)*. Особенность описанного способа обработки семян заключается в том, что семена не присутствуют в плазме высоковольтного электрического разряда, а находятся на его периферии, в потоке воздуха под верхней сеткой, служащей препятствием их уносу за пределы рабочей зоны. Семена не попадают в зону плазменного разряда, но в полной мере получают сопровождающие плазменный разряд физические действия, а именно: 1) повышенная температура восходящего потока газа; 2) облучение ультрафиолетом от низкотемпературной плазмы; 3) воздействие озоном; 4) интенсивное микроволновое излучение, возникающее в псевдоожиженном слое (микроразряды между частицами порошка, краевые явления на остриях, локальные явления ускорения и торможения ионов и электронов в поле высокого градиента напряжения). Совокупность этих факторов и создаёт требуемый эффект – стимулирование всхожести семян и первичных ростовых параметров. Обработка производилась в НИ «Институт ядерных проблем» БГУ. Необработанные семена служили контролем. В результате проведенных исследований видно, что обработка семян редьки масличной интенсивным электромагнитным полем с экспозицией 2 секунды существенно стимулирует рост корней на 285 % и побегов на 134 %, при этом выраженного действия на всхожесть не оказывала. Возможно, имел место эффект компенсации за счет того, что всхожесть не повышалась, а существенно возрастали морфометрические параметры. А обработка семян интенсивным электромагнитным полем с экспозицией 4 секунды повышает лабораторную всхожесть исследуемой культуры на 8 % и стимулирует ростовые параметры на 35 %. Таким образом, различные экспозиции исследуемого воздействия могут быть использованы для разных целей: обработка 2 секунды – для стимуляции ростовых параметров, 4 секунды – для стимуляции всхожести.

ВЛИЯНИЕ РЯДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Ревуцкий С.П.[1], Мазец Ж.Э.[1], Пушкина Н.В.[2]
[1]УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», г. Минск, ул. Советская, 18, *e-mail: stasik.revutskiy@mail.ru*
[2]НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, г. Минск, ул. Бобруйская, 11, e-*mail: nadyapushkina@gmail.com*

В последнее время нарастает интерес к пряно-ароматическим растениям, которые широко используются в различных видах промышленности. Среди таких растений – базилик обыкновенный (*Ocimum basilicum* L.), относящийся к числу универсальных трав и имеющий множество различных морф. Однако в условиях Республики Беларусь большинство сортов базилика в открытом грунте имеет достаточно низкую всхожесть и относительно низкие темпы роста. В связи с этим была предпринята попытка решить данные проблемы с помощью электромагнитных воздействий. Для этого семена *Ocimum basilicum* L. трех сортов (Изумруд, Летус-лиф и Гранат) были обработаны на установках НИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, где они подвергались воздействию низкоэнергетического (без нагрева) и теплового (с нагревом) электромагнитного излучения в диапазоне частот от мегагерцового до гигагерцового. Рабочие режимы обработки электромагнитным полем (ЭМП) были следующие: сверхвысокочастотное излучение (СВЧ), частота 2450 МГц, мощность 90%, время отработки 1 мин; 2 мин; 2.5 и 3 минуты и электромагнитное излучение микроволнового диапазона (СВЧ ЭМП), частота 53,57–78,33 ГГц, время обработки 12 минут. Полевой мелко-деляночный опыт был заложен на приусадебном участке агрогородка Замки Крупского района Минской области в июле 2024 года. Семена базилика во всех вариантах опыта и контроле высаживались безрассадным способом в трехкратной повторности на делянках 1 м^2 на легкой суглинистой почве. В ходе исследования выявлена относительно низкая всхожесть *Ocimum basilicum* L., составившая в контроле у сорта Изумруд 32,2 %, Летус-лиф и Гранат – 27,7 %. Отмечено, что СВЧ продолжительностью 2 мин повышал на 9,5 % всхожесть сорта Изумруд, 3 мин на 4 % Летус-лиф, тогда как у сорта Гранат данный показатель существенно снижался от 4,4% до 12,7 % с увеличением воздействия фактора. При оценке влияния ЭМП на высоту растения базилика обыкновенного на 54 день прорастания установлено, что она существенно выросла относительно контроля у сорта Изумруд на 23,5 % и 46,5 % соответственно 1 и 2 мин СВЧ, а также на 6 % у сорта Летус-Лиф (3 мин СВЧ и 12 мин СВЧ ЭМП), а у сорта Гранат было отмечен ингибирующий эффект по данному параметру от 7,6 % до 17,6 %. Выявлен сортоспецифический позитивный эффект по количеству листьев на побеге, превышающий контрольные значения в 2,3 и 2,8 раза у сорта Изумруд соответственно 1 и 2 мин СВЧ, а также менее существенный рост количества листьев у Летус-лиф на 7 % и 18,6 % (3 мин СВЧ и 12 мин СВЧ ЭМП), тогда как у Граната выявлено снижение данного параметра.

THE GENE *UGT/IAGLU* FOR INCREASE OF GROWTH, DEVELOPMENT AND HARVEST AS WELL FOR OBTAINING OF COMMERCIALLY VALUABLE VACCINES AGAINST HIV, HBV AND HPV ON THE BASIS OF PLANT EXPRESSION SYSTEM

Rekoslavskaya N.I.[1], Tretyakova A.V.[2], Chemesova A.A.[1], Nurminskaya Yu.V.[1]
[1]The Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry of SB RAS, 664033, Irkutsk, Lermontov str. 132, Russia
[2]The Irkutsk State University, Irkutsk, Suche-Bator str. 1, Russia

The *ugt/iaglu* gene was isolated from cDNA library of *Zea mays* L. seedlings. The *ugt/iaglu* gene encoded the UDPG-transferase which participated in the metabolism of IAA by binding IAA with glucose and making a depot of auxin in plants. We used the gene *ugt/iaglu* for improving the hormonal status as much as 20 species of plants both cultivated and wild species by inserting the gene *ugt/iaglu* in binary agrobacterial vectors. The increase of growth, development, rooting and fruit formation was observed in all transgenic plant species tested. The highest level of free and bound IAA was determined and very high specific activity of UDPG-transferase in these transgenic plants was found. The transformation characteristics were stable in the 16 seed generations. Due to improvement of hormonal status in transgenic plants, the gene *ugt/iaglu* was recruited in experience of biotechnological works for developing of preventive vaccines against HIV/AIDS and hepatitis B (HBV) using classical binary agrobacterial vectors. The coat and core proteins of HIV and HBV were hardly expressed in transgenic tomato with the low coefficient of the tranformation for HIV proteins which was less than 0,001-0,01 % and for HBV proteins about 0,01 % of yield. But the addition of the *ugt/iaglu* gene revealed in 50 % of surviving explants for HIV tranformants and up to 100 % of surviving for HBV transgenic explants. Moreover, the yields of target vaccines proteins both for HIV and for HBV increased twice or more. We developed our own new plant expression system on the basis of RdRP (RNA dependent RNA polymerase, 2a RNA encoded) from *CMV* with antisilencer RNA 2b encoded in the same frame with RNA 2a. As the second antisilencer gene, the *ugt/iaglu* gene highly increased the accumulation of "early" and "late" proteins of high risk papillomavirus HPV16 during the development both prophylactic and therapeutic vaccines against cancer. The yield of antigenic proteins of HPV was about 25 % per 1 mg of total soluble protein in transgenic tomato fruit. Raised in our experiments with mice, antibodies to HPV16 L1, HPV18 L1, HPV16 E2 and HPV6 L1 have high titer and avidity. The way of obtaining for resistant to environmentally hard conditions even in the field plots was widespread to the transformation techniques with alfalfa and tobacco plants transgenic for the gene *hpv*16 E2 with addition of the gene *ugt/iaglu* in order to develop vaccine against cancer on the mice lung model.

ВЛИЯНИЕ УКОРОЧЕННЫХ СВЕТО-ТЕМНОВЫХ ЦИКЛОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПИЩЕВУЮ ЦЕННОСТЬ ПОБЕГОВ *LATHYRUS OLERACEUS* LAM.

Рубаева А.А., Шерудило Е.Г., Шибаева Т.Г.
ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Институт биологии, 185910, Россия, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Пушкинская, д.11,
e-mail: arubaeva@krc.karelia.ru

В условиях контролируемого климата на «фабриках растений» нет необходимости учитывать 24-часовую продолжительность суток и можно расширить понятие «распределение интеграла дневного освещения» во времени. Для этого можно использовать аномальные свето-темновые циклы (при этом они могут быть как короче, так и длиннее 24 ч). Целью работы было изучение влияния укороченных свето-темновых циклов (8/4 ч, 4/4 ч и 4/2 ч) на продуктивность и пищевую ценность побегов гороха (*Lathyrus oleraceus* Lam.). Побеги собирают на очень ранней стадии созревания, когда листья и усики нежные, хрустящие и имеют интенсивный гороховый вкус. В качестве контроля использовали фотопериод 12/12 ч. Несмотря на одинаковый интеграл дневного освещения (ИДО), в вариантахсвето-темновых циклов 8/4 ч и 4/2 ч, цикл 8/4 ч был наиболее предпочтительным для применения. В условиях цикла 4/4 ч происходило значительное снижение продуктивности по сравнению с контролем. Результаты исследований показали, что влияние укороченных свето-темновых циклов наиболее значимо проявлялось в отношении морфометрических показателей растений. Циклы 8/4 ч и 4/4 ч повысили индекс робастности, эффективность использования воды, содержание флавоноидов, пролина, белка и растворимых сахаров, что улучшило внешний вид и пищевую ценность побегов гороха. Все укороченные циклы повышали содержание перекиси водорода. Настоящее исследование показало, что в условиях аномальных свето-темновых циклов, роль интеграла дневного освещения не является определяющей. Возможно, это связано с тем, что укороченные свето-темновые циклы оказывают влияние на экспрессию генов, ответственных за циркадную ритмику и морфогенез растений. Эти эффекты требуют дальнейших исследований, поскольку некоторые реакции растений, наблюдаемые в исследовании, были неожиданными, возможно, из-за вызванной циркадной асинхронии.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 23-16-00160).

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ПИВА, РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И СОКОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРОСКОПИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Русакович А.А.[1*], Марченко У.А.[1], Онищук Ю.С.[1], Демидчик В.В.[2**]
[1]Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, Минск, Беларусь, **e-mail: aalinarusakovich@gmail.com*
[2]Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси
***e-mail: demidchik@botany.by*

В последнее время спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР-спектроскопия) все более широко используется для анализа эндогенного антиоксидантного потенциала (ЭАП) и свободнорадикальных процессов в продуктах пищевой биотехнологии. В представленной работе с использованием ЭПР-спектрометра белорусского производства (ADANI, Минск) разработаны соответствующие методы и проведен анализ окислительной стабильности различных сортов пива, пищевых растительных масел и соков на основе оценки ЭАП. Использовалась техника «ускоренного старения» образцов путем их инкубирования при повышенной температуре с параллельной регистрацией накопления свободнорадикальных аддуктов. Было продемонстрировано, что ЭАП значительно выше для одних и тех же сортов пива при их хранении в стеклянной бутылке или жестяной банке по сравнению с бутылкой из ПЭТ. Выявлены химические факторы, такие как ионы переходных металлов и O_2, стимулирующие окислительные процессы в пиве. Показаны пути их устранения, которые могут быть основой повышения качества пива и продления сроков его хранения. Установлены отличия ЭАП темного и светлого пива, а также исследована динамика ЭАП пива при его естественном старении («на полке»). Продемонстрировано, что введение в пиво ряда антиоксидантов увеличивало ЭАП. Среди них наибольшим эффектом обладал L-аскорбат. Схожее действие оказывали и экстракты растений, содержащие высокие уровни аскорбата и других антиоксидантов. Методика ЭПР-спектроскопии также была адаптирована для анализа жидких пищевых масел и соков. Проведенная оценка окислительной стабильности ряда важнейших растительных масел (подсолнечного, льняного и рапсового) показала, что среди них наибольшим ЭАП обладает льняное. Антиоксиданты оказывали мощный защитный эффект на окисление (искусственное старение) масел. Схожие эффекты были обнаружены и для соков.

СУЩЕСТВОВАНИЕ И РОЛЬ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ТРАНСМЕМБРАННЫХ ФОСФОТРАНСМИТТЕРОВ В ЦИТОКИНИНОВОМ СИГНАЛИНГЕ

Савельева Е.М., Ломин С.Н., Архипов Д.В.
Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия,
e-mail: savelievaek@ya.ru

Цитокинины являются одними из важнейших фитогормонов, которые участвуют в различных процессах роста и развития растений: от деления и дифференциации клеток некоторых тканей, до реакций интактных растений на биотические и абиотические стрессы. Передача сигнала цитокининов просходит за счёт многоступенчатого фосфорилирования трёх типов белков: цитокининовых рецепторов, фосфотрансферных белков – фосфотрансмиттеров и регуляторов ответа, являющихся факторами транскрипции. В общепринятой схеме передачи цитокининового сигнала фосфотрансмиттеры играют особую роль, связывая восприятие цитокининов мембранными рецепторами с активацией цитокинин-чувствительных факторов транскрипции в ядре. Вопрос о локализации фосфотрансмиттеров, казалось, был решен давно: их субклеточная локализация является ядерно-цитозольной независимо от состояния сигнализации цитокинина, а сами белки постоянно циркулируют между цитозолем и ядром. Однако проведённый нами глобальный биоинформатический анализ предсказывает наличие трансмембранных доменов в более чем сотне фосфотрансферных белков у примерно 60 видов растений, в том числе – у модельного растения арабидопсис. Найденные потенциальные трансмембранные фосфотрансмиттеры обладают функциональными фосфотрансмиттерными доменами, однако активные сайты фосфорилирования предсказываются не для всех таких белков. Мы предполагаем, что, в зависимости от наличия активных сайтов, трансмембранные фосфотрансмиттеры могу играть как положительную, так и отрицательную, роль в передаче цитокининового сигнала. Например, белки с сайтами фосфорилирования могут создавать активный пул фосфотрансмиттеров, который по мере необходимости может быть отделён от мембраны специфичной протеазой и участвовать в усилении гормонального сигнала. Трансмембранные фосфотрансферные белки, не имеющие акцептора фосфата, могут аналогично создавать пул потенциальных антагонистов цитокининового сигналинга. Кроме того, они могут конкурентно связывать свободные канонические фосфотрансмиттеры, предотвращая принятие ими фосфата. Наличие трансмембранных доменов в фосфотрансмиттерных белках потенциально расширяет возможности цитокининовой сигнальной системы влиять на метаболизм клетки и её адаптацию к различным внешним воздействиям.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 23-74-10026.

ВЛИЯНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ

Самович Т.В., Небышинец П.А., Кем К.Р., Ламан Н.А.
Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: samovich77@gmail.com*

Семена сельскохозяйственных культур перед посевом обрабатывают составами, содержащими макро- и микроэлементы, органические вещества, положительное влияние которых было выявлено в экспериментах (аминокислоты, вещества гормональной природы и др.), а также протравители (фунгициды, инсектициды, акарициды), которые обеспечивают защиту от болезней и вредителей на первых этапах развития проростка. Большинство этих веществ нерастворимы в воде и образуют с существующими на сегодняшний день пленкообразующими составами суспензии или эмульсии. При обработке семян такими составами существует риск осыпания действующего вещества, потери в процессе сева и транспортировки. Создание пленкообразующих составов на основе органических растворителей позволит получать смеси, в которых действующие вещества будут растворены, что в свою очередь, даст возможность снизить их дозу. Проведенные эксперименты показали, что внесение в пленкообразующий состав на основе органического растворителя макро- и микроэлементов приводило к стимуляции роста и развития растений ячменя сорта Радзіміч. Добавление их в пленку приводило к появлению первого листа в более ранние сроки развития (в вариантах с добавлением мочевины, KNO3 и KNO_3+$(NH_4)H_2PO_4$ +мочевина) по сравнению с контролем. По всем остальным показателям, все опытные варианты оказались сравнимы с контролем. Микроэлементы в пленкообразующем составе стимулировали рост растений. Однако длина корней в этих вариантах была меньшей по сравнению с контролем. Для постановки эксперимента использовали комплекс микроэлементов, нормированный по содержанию борной кислоты. Все вносимые макро- и микроэлементы стимулировали прорастание семян ячменя и появление первого листа у проростка. Длина корней практически во всех вариантах не отличалась от контроля, только при внесении в пленкообразующий состав $(NH_4)H_2PO_4$ длина корней превышала контроль на величину от 18 до 20 % через 4 и 5 суток выращивания растений ячменя, соответственно.

ЭФФЕКТ МЯГКОЙ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМЫ АТМОСФЕРНОГО РАЗРЯДА НА РЕДОКС-СТАТУС КЛЕТОК КОРНЯ И РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ У ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

Самохина В.В.[1]*, Русакович А.А.[1], Мацкевич В.С.[1], Змитрович И.В.[1], Аксючиц А.В.[2], Логунов К.Т.[2], Пшибытко Н.Л.[1], Котов Д.А.[2], Демидчик В.В.[3]

[1]Белорусский государственный университет; 220030, Беларусь, Минск, пр. Независимости, 4; *e-mail: samokhina@bsu.by*

[2]Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; 220013, Беларусь, Минск, ул. П. Бровки, 6

[3]Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси; 220072, Беларусь, Минск, ул. Академическая, 27

Холодная (21-27 °C) плазма диффузного разряда (ХП) генерировалась с использованием экспериментального комплекса, разработанного Белорусским государственным университетом информатики и радиоэлектроники. При помощи метода ЭПР-спектрометрии со спиновой ловушкой 5,5-диметилпирролин-N-оксид (ДМПО) было показано, что обработка ХП индуцировало образование активных форм кислорода (АФК), включая гидроксильные радикалы, в растворах, имитирующих биологические среды. Амплитуда ЭПР сигнала линейно возрастала с увеличением времени воздействия ХП. Обработка семян модельных растений (*Arabidopsis thaliana* L. (Heynh. и *Triticum aestivum* L.) ХП на расстоянии стримеобразования 25-75 мм в течение 1-5 стимулировала ростовые процессы. В то же время, воздействие ХП на проростки подавляло рост корней. Обработка плазмой проростков в течение 3 секунд вызывала увеличение флуоресценции дигидроэтидиума в зоне деления корня на 40% по сравнению с контролем, что свидетельствовало о генерации АФК. Зона всасывания не была чувствительной к плазме. Также при помощи метода люминометрии был проанализирован эффект ХП на изменение уровня активности цитоплазматического кальция ($[Ca^{2+}]_{цит.}$) в клетках корня *Arabidopsis thaliana*, экспрессирующих Ca^{2+}-связывающий белок экворин. Показано, что 3-секундная обработка корней плазмой на расстояние 2,5 см приводила к увеличению ($[Ca^{2+}]_{цит.}$ в 12 раз, а на расстояние 5 см – в 2,3 раза по отношению к исходному базальному уровнюкальция в цитоплазме. Такое увеличение ($[Ca^{2+}]_{цит.}$ может быть связано с запуском Ca^{2+}-сигнализации в ответ на генерацию АФК, вызванное действием ХП. Добавление антиоксидантов (1 мМ тиомочевины, 0,3% ДМСО, 1000 ед. каталазы или 600 ед. СОД) оказывали протекторное действие на проростки, снижая индуцированный плазмой АФК- и Ca^{2+}-сигнал. Поскольку наиболее эффективными антиоксидантами являлись тиомочевина и СОД, можно говорить о том, что основными АФК, которые действуют на корневую систему при обработке ХП являются гидрооксильный и супероксид анионный радикалы.

Работа выполнена в рамках задания ГПНИ «Конвергенция-2025» (№ госрегистрации 20211734).

АНАЛИЗ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ ПРОРОСТКОВ ЛИНИЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Скуратович Т.А.[1], Майсеня С.В.[2], Молчан О.В.[1]
[1]Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси, 220072 ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь, *e-mail: tskuratovich@yandex.ru*
[2]РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле», г. Несвиж, Беларусь

Сахарная свекла – это основная культура, используемая в качестве сырья для производства сахара в Республике Беларусь. Для возделывания свеклы необходимы гибриды, сочетающие в себе высокую потенциальную продуктивность с устойчивостью к стрессовым факторам и обеспечивающие наибольший выход готовой продукции с единицы площади. Объектом исследований являлись линии сахарной свеклы белорусской селекции: № 300 - односемянный диплоидный опылитель, № 310, 313, 314, 319 - односемянные диплоидные мужскостерильные формы, дикий вид свеклы *Beta maritima*. Контролем - гибрид сахарной свеклы Акация KWS (Германия). Подготовку семян для проращивания осуществляли согласно ГОСТ 22617.2-94. Растения выращивали в контейнерах (7х7х6,5 см) в торфогрунте. В каждый контейнер высаживали по одному семени. Объекты культивировали 28 суток в условиях: световой период – 16 часов; освещенность – 150 мкмоль $м^{-2} \cdot с^{-1}$; температура воздуха – +23 °С; относительная влажность воздуха – 70 %. Для анализа отбирали здоровые растения одинаковой высоты для всех линий. Для определения солеустойчивости использовали метод листовых дисков (Ghosh et. al, 2015). Солевой стресс моделировали с помощью 700 мМ раствора NaCl. В начале эксперимента было исследовано содержание хлорофилла в листовых дисках для всех тестируемых линий. Установлено, что первоначальное количество хлорофилла у линий белорусской селекции в среднем выше, чем у гибрида сахарной свеклы Акация КВС (Германия). Значение данного параметра у контроля составляло 1,06 ± 0,068 мг/г сырой массы. Наибольшее содержание было установлено для селекционных линий № 313 (1,42 ± 0,009 мг/г сырой массы), № 319 (1,35 ± 0,061 мг/г сырой массы) и для линии № 314 (1,31 ± 0,053 мг/г сырой массы). У линий № 300 и № 310 данный параметр был равен 1,21 ± 0,030 мг/г сырой массы и 1,22 ± 0,029 мг/г сырой массы соответственно. Под влиянием NaCl наибольшее содержание хлорофилла было отмечено у линий №319 (0,71 ± 0,020 мг/г сырой массы) и № 314 (0,68 ± 0,016 мг/г сырой массы). Для селекционных линий № 300, 310 и 313 данный показатель составил 0,48 ± 0,047, 0,51 ± 0,020 и 0,56 ± 0,002 мг/г сырой массы соответственно. У дикого вида свеклы содержание хлорофилла было равным 0,43 ± 0,022 мг/г сырой массы, у гибрида Акация – 0,40 ± 0,018 мг/г сырой массы. Таким образом, выделены две линии сахарной свеклы белорусской селекции (№ 314 и № 319), которые предположительно являются наиболее солеустойчивыми и могут быть рекомендованы для дальнейшей селекционной работы.

ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ НА ОНТОГЕНЕЗ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

Степанова Н.В., Чуйко С.Р.
РУП «Институт льна», аг. Устье, Оршанский район, Витебская область, Беларусь, 211003

Для защиты льна-долгунца от комплекса грибковых патогенов в 2021-2023 гг. изучались двух и трехкомпонентные системные фунгициды профилактического и лечебного действия: Алиот, КЭ; Абакус ультра, СЭ; Догода, КЭ, Солигор, КЭ; Спирит, СК, действующие вещества которых представлены химическими классами триазолов, стробилуринов, морфолинов. Применение фунгицидов осуществлялось в фазы «елочка» и бутонизации на фонах обработки ценоза гербицидами Гербитокс, ВРК, 0,7 + Секатор турбо, МД, 0,05 л/га, Миура, КЭ, 1,0 л/га и минерального питания: фосфора 60, калия 90, азота 30, цинка 1,0 кг д. в./га. Установлено стимулирующее действие изучаемых фунгицидов на рост и развитие растений раннеспелого (Дукат) и позднеспелого (Арамис) сортов льна через 7 суток после обработки в фазе «елочка» по высоте на 6-10 % и сухой биомассе – на 14-15 %; в фазе бутонизации – на 5-8 % и 13-14 % соответственно. Через 21 сутки после обработки растений фунгицидами в фазе «елочка» стимулирующее действие препаратов снижалось по высоте льна до 2-4 % и сухой биомассе – до 9-10 %, в фазе бутонизации – до 3-5 % и 10-12 %, а при двукратной обработке – до 6-7 % и 14-15 % соответственно. К уборке стимулирующий эффект фунгицидов, применяемых в фазе «елочка», сохранялся по высоте льна на уровне 2-3 %, по сухой биомассе – 5-7 %; применяемых в фазе бутонизации и двукратно – 3-4 % и 8-11 % соответственно. Применение фунгицидов на основе стробилуринов (Абакус ультра, СЭ; Спирит, СК) в фазе бутонизации льна удлиняло его период вегетации на 4-6 суток за счет удлинения межфазного периода «цветение - зеленая спелость» (ДК ВВСН 60-81 по шкале К. Хеллера). К уборке льна биологическая эффективность изучаемых фунгицидов, применяемых в фазе «елочка», составила: против антракноза 64-68 %, фузариоза – 57-71 %, септориоза – 45-52 %. Применение препаратов в фазе бутонизации по отношению к фазе «елочка» повышало их биологическую эффективность по развитию септориоза на 15-20 % и снижало по развитию антракноза на 8-11 %. Максимальная биологическая эффективность фунгицидов установлена при двукратном их применении в фазы «елочка» + бутонизации: против антракноза 76-77 %, фузариоза – 68-87 % и септориоза – 74-83 %, с повышением к фазе «елочка», соответственно, на 10-14 %, 11-19 % и 23-33 %. Следовательно, системные фунгициды на основе триазолов, стробилуринов, морфолинов оказывают стимулирующее действие на развитие льна-долгунца и сглаживают негативное действие гербицидов, снижая развитие основных микозов к уборке против антракноза на 64-77 %, фузариоза – на 57-87 %, септориоза – на 45-83 % в зависимости от срока применения.

ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ ВИНОГРАДА НА ЗАСУХУ, ВЫСОКУЮ ТЕМПЕРАТУРУ И ИХ СОЧЕТАНИЕ

Сундырева М.А., Луцкий Е.О., Мишко А.Е.
ФГБНУ Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Россия, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, д. 39,
e-mail: mari.sundy@bk.ru

Было изучено влияние засухи, высокой температуры и комбинации этих факторов на физиологические показатели и экспрессию генов винограда. Исследования были проведены на саженцах сортов винограда, характеризующихся наличием генов устойчивости к милдью RPV3, RPV10: Каберне Совиньон (контроль, без генов устойчивости), Кутузовский (299 и 279 п.о. гена RPV3), Молдова (299 и 279 п.о. гена RPV3), Морозко (416 п.о. гена RPV10). Засуха оказывала более выраженное воздействие на сорт Каберне-Совиньон. Сорта с генами устойчивости к милдью RPV3 и RPV10 характеризовались существенно меньшей восприимчивостью к данному типу воздействия. Стрессовая высокая температура провоцировала развитие окислительного стресса у всех сортов винограда, однако сопряженное действие водного дефицита его компенсировало. Сопряженное действие высокой температуры и засухи приводило к повышению содержания фенольных соединений у сорта Каберне Совиньон, Молдова и Кутузовский. У сорта Морозко тенденция была обратной. Температура повышала уровень экспрессии жасмонат-связанных генов у сорта Морозко, а у сортов Кутузовский и Каберне-Совиньон преобладающее действие оказывал водный дефицит. При сочетании действия двух факторов у большинства сортов уровень экспрессии генов находился на уровне варианта, в котором действовал «преобладающий» фактор. При этом уровень экспрессии специфических жасмонат – и салицилат- рецепторов (MYC2 и NPR1) значимо повышается при сопряженном действии засухи и высокой температуры. В целом уровень экспрессии данных генов сходен у сортов Кутузовский, Морозко и несколько выше у Каберне-Совиньон. У всех сортов сопряженное действие двух факторов оказывало влияние на рост экспрессии генов синтеза АБК и АБК-рецепторов в сравнении с отдельным воздействием высокой температуры и засухи. Воздействия преобладающим образом действовали на экспрессию AAO3 и SNRK. Гены PR белков в целом также больше экспрессировались в ответ на действие засухи. В целом, наибольшим изменением характеризовались гены PR5, 2, 1. PR10, который является основным элементом ответной реакции винограда на воздействие милдью, экспрессировался существенно меньше в заданных условиях. Таким образом, в реакции различных сортов винограда на засуху и высокую температуру прослеживается сортовая специфика, а наличие генов устойчивости к милдью скорее всего не определяет физиологические ответы на данные внешние воздействия.

INFLUENCE OF SAGE OFFICINAL EXTRACT ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF IRRADIATED WHEAT SPROUTS

Shamilov E.N., Abdullayev A.S., Allahverdiyev G.R., Garibov R.G., Mekhtiyev E.I.
Institute of Radiation Problems of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, AZ 1143 Bekhtiyar Vahabzade st. 9
e-mail: elshanshamil@gmail.com

Sage is a well-known medicinal plant and is often used in medical practice in different countries of the world. Due to its rich chemical composition, sage extract is widely used in all areas of medicine as an antioxidant, immunomodulatory, anti-inflammatory agent. It seems interesting to study the effect of the extract of sage (*Salvia officinalis* L.), grown in Azerbaijan, on the growth and development of irradiated wheat sprouts. The leaves of common sage collected in the Gek-Gelsky district were used for the research. In the experiments with plants, the seeds of wheat of the "Bereketli-95" variety were used. The seeds were irradiated using the URI (K-25) installation at a dose rate of 12.5 rad/sec, the source was ^{60}Co the dose was 150 Gray. Before irradiation, the wheat seeds were treated with extract solutions and experiments were carried out in laboratory conditions. The following groups of plants were analyzed: control, irradiated at a dose of 150 Gy, without treatment and treated with 0.1 %, 0.01 % and 0.001 % concentrations of the extract. The morphological parameters and growth dynamics of wheat seedlings were measured for 40 days. The amount of chlorophyll pigments, carotenoids, malonic dialdehyde was measured using a Multiscan GO spectrophotometer. Chlorophyll fluorescence in leaves was measured using a MINI-PAM device. At the initial stages of development, the irradiated variants sprouts developed poorly, and the sprouts treated with 0.1 and 0.001 percent solution of the extract were normal compared to the irradiated ones. At the end of the month, the sprouts obtained from gamma-irradiated seeds, treated with a 0.01 % solution of sage showed better results in growth and development and in the amount of photosynthetic pigments. At the final stage of the experiments, the length of the sprouts was almost equal to the control variant. It was found that a 0.01 % solution of Salvia officinalis extract, eliminating the negative effect of gamma radiation, normalizes plant growth, the synthesis of photosynthetic pigments in the leaves, and the work of photosystem II in chloroplasts. It can be concluded that Salvia officinalis extract has radioprotective properties and can be used as a radioprotector for some agricultural plants.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ АЛТАЙСКОГО КРАЯ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ВИРУСАМИ РОДОВ *CARLAVIRUS* И *POTYVIRUS*

Табанюхов К.А.[1,2], Масленникова В.С.[1,2], Шелихова Е.В.[1,2]
[1]Федеральный исследовательский центр фундаментальной и трансляционной медицины, Россия, г. Новосибирск, ул. Тимакова, 2
[2]ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, *e-mail: tabanyuhov93@mail.ru*

Одной из серьезных проблем картофелеводства является поражение семенного картофеля вирусами. Воздействие вирусов приводит к патологическим изменениям физиологического и биохимического характера в клетках и тканях растений, может приводить к угнетению роста, деформации отдельных частей растений. При смешанных вирусных инфекциях эффект усугубляется, что может привести к потере урожая и гибели растений. Поражающие растения картофеля вирусы M (PVM) и S (PVS) относятся к роду *Carlavirus*, а вирусы Y (PVY) и A (PVA) – к роду *Potyvirus*. Каждый из этих патогенов способен приводить к потерям от 10 до 60 % урожая картофеля, и при смешанном заражении этот показатель еще выше. Исследования были выполнены в 2024 году на базе лаборатории исследования вирусных заболеваний растений и животных ФИЦ ФТМ и лаборатории биологической защиты растений и биотехнологии Новосибирского ГАУ. Наличие вирусов в образцах определяли методом ОТ-ПЦР в реальном времени. Биохимические показатели (фотосинтетические пигменты, активность пероксидазы, концентрация малонового диальдегида) определяли спектрофотометрически. В результате проведенного мониторинга семенного картофеля Алтайского края было обнаружено поражение растений вирусами PVM, PVS и PVY. Вирус PVA полностью отсутствовал в исследуемых образцах. В растениях картофеля, зараженных вирусами и их комбинациями, наблюдался окислительный стресс, выявленный по увеличению активности пероксидазы и концентрации малонового диальдегида относительно безвирусных растений. Концентрация фотосинтетических пигментов также была несколько ниже у растений, пораженных вирусами.

СПОСОБНОСТЬ К РЕГЕНЕРАЦИИ У РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ НА СТАДИИ КЛУБНЕОБРАЗОВАНИЯ

Фролов К.Б., Фенерова П.Ю., Федюк К.А.
Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, кафедра медицинской биологии, Санкт-Петербург, ул. Литовская, 2
e-mail: astarta.frolov@yandex.ru

Растения картофеля имеют явно выраженный стадийный рост развития: рост вегетативной массы, переход к цветению и росту столонов, закладка и рост клубней, переход в стадию покоя. Обнаружено, что при переходе к цветению и закладке клубня у картофеля снижается способность к вегетативному размножению методом черенкования. Предположено, что это является результатом гормональной перестройки, т.к. известно, что ауксин и цитокинин играют важную роль в процессе образования клубней. Целью данной работы являлось анатомическое исследование нижней части черенков картофеля на стадии цветения. В работе использовали 40-дневные побеги картофеля сорта Адирондак Блю, нарезанные на черенки с 1-2 листьями, которые ставили в воду на укоренение. Через неделю нижнюю часть черенков фиксировали смесью Навашина, проводили по спиртам до парафина и заключали в парапласт (Leica, USA). Далее делали поперечные срезы и окрашивали реактивом Шиффа, алциановым синим и проционовым кобальтовым, обезвоживали и заключали в канадский бальзам под покровные стекла. Полученные срезы просматривали под микроскопом. Анализ препаратов показал, что в перицикле побега картофеля закладывается множество апексов придаточных корней, однако, роста их не происходит. У черенков, не использованных для фиксации, через 10-12 дней из пазух листьев вместо побега начинали расти столоны, с формированием клубеньков на них. Полученные данные позволяют сделать вывод, что формирование столона с клубеньками вместо побега является результатом гормональной перестройки растений картофеля. Известно, что апексы корней – основной источник синтеза цитокининов. Вероятно, что в обнаруженных нами апексах придаточных корней суммарно образуется значительное количество цитокинина, необходимого для формирования клубней, которое и наблюдалось. В настоящее проводится исследование содержания ауксина и цитокининов в зонах закладки корней и формирования клубней.

РЕГУЛЯЦИЯ РОСТА ПРОТОКОРМОВ *PHALAENOPSIS* В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* ПОД ДЕЙСТВИЕМ БРАССИНОСТЕРОИДОВ

Черныш М.А.[1*], Бахметова А.Ф.[1], Стромская Т.С.[1], Жабинский В.Н.[2], Хрипач В.А.[2], Демидчик В.В.[3]

[1]Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, Минск, Беларусь, **e-mail: chernyshmaryia@gmail.com*

[2]Институт биоорганической химии НАН Беларуси, ул. академика В.Ф. Купревича, 5, Минск, Беларусь

[3]Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревич НАН Беларуси, ул. Академическая, 27, Минск, Беларусь

Брассиностероиды (БС) – группа стероидных фитогормонов, представленных в растениях в низких концентрациях, но обладающих широчайшим спектром физиологических функций: от регуляции роста и развития до участия в сигнальных явлениях и стрессовых ответах. Несмотря на высокую значимость для растений, потенциал данных гормонов в биотехнологии до конца не раскрыт, в особенности, для обширного семейства Орхидных. Целью работы было установление характера воздействия экзогенных БС на рост и развитие протокормов *Phalaenopsis* × hybridum Blume – важнейшего декоративного растения и типичного представителя семейства Орхидных. В работе была разработана и испытана экспериментальная модель для высокоэффективного анализа процессов роста и развития орхидных на примере протокормов в условиях *in vitro*. Протокормы, полученные из первичной культуры, переносились на среды, содержащие 10^{-10} – 10^{-6} М БС: брассинолид (БЛ), кастастерон (КС), 24-эпикастастерон (ЭК), 28-гомокастастерон (ГК), 24-эпибрассинолид (ЭБ) и 28-гомобрассинолид (ГБ) или ауксины (для сравнения характера эффектов): индолил-3-уксусная, индолил-3-масляная, 2,4-дихлорфеноксиуксусная и 1-нафтил-уксусная кислоты в диапазоне концентраций 0,1-1 мг/л. Введение в среду БС во всем диапазоне протестированных концентраций вызывало значительное усиление ростовых процессов, что выражалось в увеличении длины и приросте биомассы орхидей. Наибольший стимулирующий эффект наблюдался для БЛ. При концентрации БЛ 10^{-7} М наблюдалось двух- и трехкратное увеличение длины и массы протокормов по сравнению с контрольными образцами. Также значительным стимулирующим воздействием обладал ЭБ. При концентрации 10^{-7} М данного фитогормона в среде масса растения увеличивалась в 2,7 раза по сравнению с контролем. КС и ЭК также демонстрировали высокую эффективность по отношению к длине растений. ГК и ГБ вызывали наименьшую стимуляцию роста по сравнению с другими исследуемыми БС. Сравнение эффектов БС и ауксинов показало, что БС оказывают более сильное стимулирующее воздействие, чем ауксины, при схожем характере эффектов. При сочетанном воздействии БС и ауксинов обнаружено подавление стимулирующего эффекта обоих классов гормонов, что требует дальнейшего исследования на уровне сигнальных процессов и генетической регуляции.

ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПОСЛЕВСХОДОВЫХ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЛЬНОПРОДУКЦИИ

Чуйко С.Р., Степанова Н.В.
РУП «Институт льна», аг. Устье, Оршанский район, Витебская область, Беларусь, 211003, *e-mail: institut-len@yandex.by*

Действующие вещества гербицидов имеют разное воздействие на рост и развитие растений по степени их ингибирования и сроку длительности в онтогенезе. Для изучения влияния гербицидов послевсходового действия на урожайность и качество льна-долгунца изучались основные действующие вещества применяемых в льноводстве препаратов и их комбинации на фоне ручной прополки посевов: против однолетних и многолетних однодольных сорных растений - хизалофоп-П-этил; против однолетних и некоторых многолетних двудольных – МЦПА кислоты, клопиралид, производные сульфонилмочевины. В среднем за 2021-2023 гг. исследований минимальное ингибирование развития растений по сравнению с ручной прополкой посева установлено от применения гербицидов на основе клопиралида (Хакер 300, ВР; Лорнет, ВР; Лонтрел 300, ВР) и хизалофоп-П-этила (Миура, КЭ; Химера, КЭ), с недобором урожайности семян и волокна до 5 %. Максимальное ингибирование растений оказывают гербициды с действующим веществом МЦПА кислоты (Гербитокс, ВРК; Агритокс, ВК; Кортик, ВР), обеспечивающие недобор урожайности семян до 14 %, длинного трепаного волокна до 27 %. Поэтому целесообразно применение данной группы гербицидов в составе баковых смесей с гербицидами на основе производных сульфонилмочевины (Секатор турбо, МД; Магнум, ВДГ) и клопиралида со минимально разрешенными дозами, при которых недобор длинного волокна снижался до 13-15 %. Установлена сильная отрицательная зависимость между урожайностью льнопродукции и степенью ингибирования растений по сухой биомассе через 7-28 суток после применения гербицидов (r = -0,84 - (-0,98)), к уборке льна (r = -0,84 - (-0,97)). На качество длинного трепаного волокна наибольшее отрицательное влияние оказывали гербициды на основе МЦПА кислоты, где снижение номера составило 1,4 единицы и было обусловлено максимальным снижением разрывной нагрузки волокна – на 13 %, горстевой длины и гибкости – на 9 %. Применение против двудольных сорняков баковых смесей гербицидов на основе МЦПА кислоты (Гербитокс, 0,7 + Секатор турбо, 0,05 л/га, Гербитокс, 0,7 + Секатор турбо,0,05 + Хакер 300, 0,3 л/га), а также гербицидов сульфонилмочевинной группы с полными дозами расхода снижало качество волокна 1 номер, за счет снижения его горстевой длины на 5-7 %, разрывной нагрузки - на 10-12 %, гибкости – на 8 %. Использование гербицидов на основе клопиралида и хизалофоп-П-этила в меньшей степени снижало показатели качества волокна: горстевую длину на 3-4 %, гибкость – на 5-6 %, разрывную нагрузку – на 5 %, номер волокна – на 0,7-1,0 единиц.

ДИТЕРПЕНЫ И ТРИТЕРПЕНЫ В ДВУХЛЕТНИХ РАСТЕНИЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ РЕАКЦИЯХ НА ВОДНЫЙ ДЕФИЦИТ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Шевцов Н.А., Иванов О.А.
Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича, Республика Беларусь, Минск, *e-mail: protlife1984@gmail.com*

У *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* L. метаболический ответ на засуху значительно варьирует в зависимости от вида и присущей виду устойчивости к засухе. Однако внутри вида существует диапазон реакции в ответ на стрессор и устойчивости к его интенсивности и продолжительности, что обусловлено разнообразием генотипов. Водный стресс приводит к снижению и реорганизации метаболизма дерева для обеспечения гомеостаза, что достигается путем поддержания основного метаболизма и синтеза метаболитов со стресс-протекторными эффектами. Эти соединения способны стабилизировать белки и клеточные структуры и/или поддерживать тургор клеток путем осмотической регулировки в условиях водного стресса. Они также принимают участие в окислительно-восстановительном метаболизме для удаления избыточных уровней АФК и поддержания клеточного окислительно-восстановительного баланса. В ряду других, такими метаболитами для сосны и ели являются ди- и тритерпены. При моделировании водного дефицита при помощи ПЭГ 6000 с формированием водных потенциалов -0,15 MPa и -0,5 MPa в водных растворах для двухлетних сеянцев сосны и ели была продемонстрирована вариативность в развитии признаков потери тургора хвоей растениями в течении одинаковых отрезков времени измерения. Далее проводился анализ качественного состава ди- и тритерпенов в увядших и неувядших растениях методом ТСХ. Экстракцию дитерпенов из хвои растений обоих видов осуществляли метанолом, тритерпенов – смесью бензол:ацетон 3:1. ТСХ проводили на пластинах silicagel 60 f254. Подвижной фазой выступала смесь этилацетат:дихлорэтан 4:1 для дитерпенов и толуол: изопропиловый спирт 4:1 для тритерпенов. В хвое ели во всех вариантах опытов у растений, потерявших тургор и сохранивших его в спектре дитерпенов отмечается появление выразительных зон, различимых в УФ, с Rf = 0,5 (в средней части спектра) в сравнении с контрольными. Похожим образом, как у увядших, так и у неувядших растений ели в спектре тритерпенов отмечалось появление дополнительного тритерпенового соединения, не присутствовавшего в контрольных растениях. Качественный состав дитерпенов в хвое двухлетних растений сосны не менялся во всех вариантах опытов и не отличался от контрольных растений. В то же время, при формировании более интенсивного отрицательного водного потенциала (-0,5 MPa) в хвое более устойчивых к смоделированному водному дефициту растений сосны начинала доминировать форма тритерпенов, представленная соединением с Rf = 0,66, концентрация которой оставалась незначительной у увядших и контрольных растений.

ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИЙ СТРЕСС КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ

Шибаева Т.Г., Титов А.Ф.
ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Институт биологии. 185910 Россия, Петрозаводск, Пушкинская, 11, *e-mail: shibaeva@krc.karelia.ru*

Изучение реакции растений на световые параметры в условиях контролируемого сельского хозяйства (CEA, controlled environmental agriculture) 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. 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). 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. Кроме того, испытывая умеренный окислительный стресс, растения накапливают больше низкомолекулярных антиоксидантов (антоцианы, флавоноиды, каротиноиды, пролин) и отличаются повышенной активностью антиоксидантных ферментов, что повышает пищевую ценность растений, рекомендуемых в качестве функционального продукта (“functional food”) для здорового питания. На основе физиологических эффектов, вызываемых легким фотопериодическим стрессом, предлагаются следующие световые режимы, открывающие дополнительные возможности для повышения эффективности производства на основе повышения урожайности и/или пищевой ценности растений при сокращении энергозатрат: длинные фотопериоды (включая круглосуточное освещение) при пониженной фотосинтетической плотности потока фотонов, в том числе с флуктуациями температуры или спектрального состава света; 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).

Работа поддержана грантом Российского научного фонда (проект 23-16-00160).

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС И АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ ЮВЕНИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ

Шиш С.Н.[1], Мазец Ж.Э.[2], Спиридович Е.В.[1]
[1]ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси», г. Минск, ул. Сурганова 2в, Беларусь, *e-mail: svetlana.shysh@gmail.com*
[2]УО «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка», Беларусь, г. Минск, ул. Советская 18, *e-mail: zhannamazets@mail.ru*

В работе изучено влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) и сверхмалых концентраций экзогенной аминолевулиновой кислоты (АЛК) на растения календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.). Обработке ЭМИ подвергались семена растений. Для этого использовали ЭМИ в двух частотных диапазонах: 53,57–78,33 ГГц и 64,00-66,00 ГГц, с тремя экспозициями воздействия 20, 12 и 8 минут, а также АЛК – в четырех концентрациях (%): 1) 10^{-6}; 2) 10^{-7}; 3) 10^{-9}; 4) 10^{-11}. Цель исследования: изучить влияние обработок на всхожесть и морфометрические параметры растений, оценить воздействие на уровень фитогормонов и ферментов, а также фенольных соединений и каротиноидов в проростках. Установлено, что ЭМИ и АЛК во всех исследованных вариантах оказывают стимулирующий эффект на морфометрические параметры ювенильных растений. Выявлено, что микро- и наноконцентрации АЛК повышают уровень индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) в начале роста (7 день), а затем зеатинрибозида (ЗР) – на 14-й день и, главным образом, изменяют соотношение ИУК/ЗР относительно контроля. Все изученные режимы ЭМИ активизируют ростовые процессы в лабораторных условиях, но с разной степенью выраженности. Максимальный эффект стимуляции роста наблюдается в диапазоне волн 64,00-66,00 ГГц с экспозициями 12 и 8 минут. Отмечено, что все режимы ЭМИ повышают содержание ЗР (от 26 до 178 %) и абсцизовой кислоты (АБК) от 6 до 48 % в проростках календулы. Однако, наибольшим изменения выявлены в диапазоне волн 64–66 ГГц, особенно на уровень ЗР. Также обработки ЭМИ приводят к изменению соотношения уровня ЗР и АБК. Выявлена взаимосвязь между массой проростка календулы и уровнем ЗР: повышение количества ЗР при увеличении экспозиции ЭМИ приводит к уменьшению средней массы проростка. Воздействие сверхмалых концентраций АЛК и низкоинтенсивного ЭМИ приводит к изменениям в антиоксидантной системе календулы лекарственной, выражаясь в изменении активности супероксиддисмутазы, каталазы и пероксидазы ювенильных растений. Наблюдается положительная корреляция между падением уровня ферментов и возрастанием уровня общих фенолов. Таким образом, установлено, что изучаемые воздействия влияют на состояние ювенильных растений, изменяя соотношения в системе антиоксидантного комплекса.

МЕТАБОЛИЗМ СИНТЕЗА ФУРАНОКУМАРИНОВ В БОРЩЕВИКЕ СОСНОВСКОГО И БОРЩЕВИКЕ СИБИРСКОМ

Штратникова В.Ю, Богданов В.П., Щелкунов М.И., Обухова Е.Н., Логачёва М.Д.
Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского, Москва, Ленинские горы 1, стр. 40

Фуранокумарины представляют собой органические соединения флавоноидного ряда, состоящие из трёх кольцевых структур (двухкольцевого ядра кумарина и фуранового кольца). Это вещества, обеспечивающие фототоксичность борщевика Сосновского, пастернака, сельдерея, вызывающие под действием солнечного излучения ожоги и экземы на коже.

Биосинтез фуранокумаринов в борщевиках ранее не изучался, исследователи ограничивались констатацией наличия тех или иных структур. Однако при этом в семействе Зонтичных больше всего видов, из которых выделяли фуранокумарины, именно в роде Борщевик (около 80 видов). Целью работы было выяснение причин большей “жгучести” борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowsky*) по сравнению с борщевиком сибирским (*H. sibiricum*). В работе использованы транскриптомные данные, полученные с помощью RNA-seq, и метаболомные данные, полученные с помощью HPLC-MS/MS методов. В результате работы у обоих видов были выявлены кандидатные гены для всех известных на сегодняшний день ферментов биосинтеза фуранокумаринов от умбеллиферона до псоралена/ангелицина. В обоих видах продемонстрировано присутствие всех метаболитов основного пути синтеза фуранокумаринов (умбеллиферона, остенола, деметилсуберозина, мармезина, колумбианетина, псоралена, ангелицина, бергаптена, ксантотоксина, изопимпинеллина и др.). Оба вида проявили популяционные различия по присутствию основных веществ. При сравнении двух видов между собой можно отметить, что у борщевика Сибирского снижено количества псоралена, может полностью отсутствовать ксантотоксин. Количества бергаптена при этом сравнимы для обоих борщевиков. В надземных органах борщевика Сибирского почти отсутствуют угловые фуранокумарины - при этом предшественники их в организме растения синтезируются. Таким образом, причины повышенной способности вызывать фотодерматиты у борщевика Сосновского по сравнению с борщевиком сибирским связана не с присутствием или отсутствием в геноме конкретных генов и конкретных ферментов, но обусловлена, скорее, эпигенетическими и физиологическими и климатическими факторами (возможно, копийностью генов). Кроме того, ферменты, обуславливающие синтез фуранокумаринов (например, бергаптол/ксантотоксол-о-метилтрансфераза) могут иметь разную субстратную специфичность. Этот вопрос требует дальнейшего углублённого изучения.

РЕГУЛЯТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА МАКРОФИТУМ ВС НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ, ЯЧМЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО И ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ

Шуканов В.П., Мельникова Е.В., Корытько Л.А., Полянская С.Н., Калацкая Ж.Н., Овчинников И.А.
Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники имени В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, ул. Академическая, 27, *e-mail: fr_lm@mail.ru*

Изучено влияние регулятора роста Макрофитум ВС, разработанного в лаборатории роста и развития растений Института экспериментальной ботаники Национальной академии наук Беларуси, в разных концентрациях на рост, развитие, изменение некоторых биохимических показателей и болезнеустойчивость сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), ели европейской (*Picea abies* L.), проростков ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare* L.) и пшеницы мягкой (*Triticum aestivum* L.) в лабораторных и полевых условиях. Установлено, что Макрофитум оказывает ингибирующее действие на развитие грибной микрофлоры семян исследуемых культур (*Aspergillus ssp., Alternaria spp., Trichoderma ssp., Mucor ssp. Rhizopus ssp., Bipolaris spp., Fusarium spp., Penicillium spp.*) как в полной (0,4 л/т), так и половинной (0,2 л/т) дозировках по сравнению с необработанным контролем. Выявлено, что Макрофитум стимулирует всхожесть семян и ростовые процессы исследуемых культу. Об этом свидетельствует увеличение надземной части сеянцев сосны – на 10-20 % и сеянцев ели – на 9-15 % в зависимости от концентрации препарата и количества обработок за вегетационный период. Максимальная стимуляция ростовых процессов и повышение урожайности злаковых культур наблюдалась при обработке Макрофитумом в полной дозировке (0,4 л/га). Об этом свидетельствует увеличение длины стебля пшеницы и ячменя (на 7-10 %) и значительное повышение продуктивной кустистости (до 24 % у пшеницы). Исследования физиолого-биохимических изменений в тканях яровой пшеницы и ячменя, а также сеянцев хвойных пород, происходящих под влиянием Макрофитума (0,4 л/га) в процессе вегетативного развития растений, показали положительную динамику накопления хлорофиллов и каротиноидов (до 25-35 %). Наблюдалось ингибирование интенсивности перекисного окисления липидов в тканях растений при одновременном снижении выхода водорастворимых веществ (до 20-23 %). Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что регулятор роста Макрофитум ВС оказывает высокое стимулирующее действие в малых концентрациях на рост, развитие и изменение биохимических показателей исследуемых культур и способствует улучшению качества посадочного материала хвойных пород и повышению устойчивости и продуктивности злаковых культур за счет повышения адаптационного потенциала растений.

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ СЕЯНЦЕВ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД (СОСНА И ЕЛЬ) В УСЛОВИЯХ ЛЕСНОГО ПИТОМНИКА

Шуканов В.П.[1], Шинкарева Е.В.[2], Мельникова Е.В.[1], Корытько Л.А.[1], Полянская С.Н.[1]

[1]Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси», г. Минск, Беларусь
e-mail: dimlar@mail.ru

[2]Государственное научное учреждение «Институт общей и неорганической химии Национальной академии наук Беларуси»

Эффективность создания искусственных насаждений при лесоразведении определяется качеством посадочного материала. В связи с этим важной задачей является разработка экологически безопасных высокоэффективных препаратов комплексного действия, обладающих ростостимулирующим, адаптогенным и фитопротекторным свойствами. Цель работы – оценить эффективность применения препарата широкого спектра действия Beeplant при выращивании сеянцев основных лесообразующих пород *Pinus sylvestris* L. и *Picea abies* (L.) H.Karst. Регуляторный адаптоген Beeplant представляет собой эмульсионную композицию росторегулирующих веществ на основе сосновой живицы, прополиса, гуминов. Результаты исследований показали, что средние биометрические показатели сеянцев основных лесообразующих пород при использовании Beeplant в качестве внекорневых обработок были выше, чем у контрольных растений. Прирост опытных сеянцев сосны и ели в высоту превышал контрольные значения в среднем на 10–30 % и 5–20 % соответственно. Сходные результаты получены и по толщине стволика у корневой шейки. У опытных образцов этот показатель превышал контрольные значения на 5–20 % для сеянцев сосны и 5–15 % для сеянцев ели. При этом эффект от применения препарата прямо пропорционально зависел от кратности проведенных обработок. Регуляторный адаптоген широкого спектра действия Beeplant можно рассматривать, как препарат, стабилизирующий мембраны растительных клеток. Отмечено снижение перекисного окисления липидов мембран на 10–20 % у сеянцев сосны и на 30–35 % у сеянцев ели, а также уменьшение выхода водорастворимых веществ из растительных тканей в 1,3 и 1,5 раз у обработанных сеянцев сосны и ели соответственно. Кроме того наблюдался положительный эффект регуляторного адаптогена на фотосинтетический аппарат растений. Выявлено увеличение содержания основных фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) на 10–55 % в хвое сеянцев сосны и ели под воздействием обработок. Таким образом, установлено, что использование регуляторного препарата Beeplant в качестве внекорневых обработок позволяет улучшить рост и развитие посадочного материала основных лесообразующих пород, а также повысить общую устойчивость сеянцев хвойных пород к неблагоприятным факторам различной природы.

АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ В ОБРАБОТАННЫХ АТРИБУТОМ ПРОРОСТКАХ ОЗИМОЙ РЖИ

Яковец О.Г., Богданова Д.М.
Белорусский государственный университет, г. Минск, пр. Независимости, 4
e-mail: yakovets@inbox.ru

Одним из самых ранних эффектов, возникающих при действии на растения стрессоров различной природы, является окислительный стресс. Для защиты от него в растениях существует антиоксидантная система, состоящая из ферментативных и неферментативных компонентов. Среди антиоксидантных ферментов особый интерес представляют пероксидазы, активность которых коррелирует с развитием устойчивости растений к абиотическим и биотическим стрессам. Выявлено повышение у растений пероксидазной активности при действии засоления, изменении температуры, воздействии фитопатогенов, при раневом стрессе. Нами исследовались индуцируемые гербицидным препаратом Атрибутом (*А*) изменения пероксидазной активности в 12-дневных проростках озимой ржи сорта Офелия, выращенных рулонным методом в стеклянных сосудах в дистиллированной воде. Активность пероксидазы (*АП*) определялась по Бояркину по скорости окисления бензидина после обработки корневой системы проростков Атрибутом разной концентрации в течение 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 мин. Показано отсутствие достоверных изменений *АП* по сравнению с контролем при действии на проростки ржи 10^{-6} М *А* в течение 15, 30, 45, 60 мин. После 90 мин-экспозиции данный гербицид вызывал достоверное увеличение *АП* в 1,2 раза. После 120 мин-экспозиции наблюдаемый эффект уменьшался: достоверное увеличение *АП* происходило только в 1,1 раза. При увеличении времени воздействия *А* до 180 мин выявленный эффект возрастал: *АП* достоверно увеличивалась по сравнению с контролем в 1,9 раза. При действии на проростки ржи 10^{-5} М *А* в течение 15 мин не выявлено достоверных изменений *АП*. После же 30 мин-экспозиции проростков в растворе *А* данной концентрации *АП* достоверно увеличивалась по сравнению с контролем в 1,1 раза, после 45 и 60 мин-экспозиции – в 1,3 раза, после 90 и 120 мин-экспозиции – в 1,2 раза и после 180 мин-экспозиции – в 1,4 раза. Присутствие в среде выращивания 10^{-4} М *А* в течение 15 мин вызвало в проростках ржи достоверное уменьшение активности пероксидазы в 1,1 раза. Дальнейшее увеличение времени экспозиции в растворе гербицидного препарата приводило к активации исследуемого фермента. Так, после 30 мин-экспозиции проростков в растворе *А* данной концентрации *АП* достоверно увеличивалась по сравнению с контролем в 1,1 раза, после 45 мин-экспозиции – в 1,6 раза, после 60 и 90 мин-экспозиции – в 1,9 раза, после 120 мин-экспозиции – в 3,1 раза и после 180 мин-экспозиции – в 2,2 раза. Таким образом, с увеличением концентрации *А* в среде выращивания сокращается время начала достоверных изменений *АП* (10^{-6} М *А* – после 90 мин-экспозиции, 10^{-5} М *А* – после 30 мин-экспозиции,10^{-4} М *А* – после 15 мин-экспозиции).

ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ ПРИ ГЕРБИЦИДНОМ СТРЕССЕ

Яковец О.Г., Дорошенко М.Е.
Белорусский государственный университет, г. Минск, пр. Независимости, 4
e-mail: yakovets@inbox.ru

Гербицидные препараты используются для защиты сельскохозяйственных культур от сорной растительности. Однако они могут негативно воздействовать и на физиологические и биохимические процессы нецелевых растительных организмов. В связи с этим ведется активный поиск веществ, способных снижать токсическое действие гербицидов на обрабатываемые культуры, в частности, проводится скрининг антидотов гербицидов, обладающих рострегулирующей активностью. Для этих целей успешно используются водоросли. Поэтому для проведения экспериментов нами были выбраны интернодальные клетки харовой водоросли *Nitella flexilis*, в качестве тест-реакции – скорость циклоза. Клетки *Nitella flexilis* обрабатывались гербицидом Атрибут в концентрациях 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4} М в течение 15 мин (кратковременное воздействие) и 180 мин (длительное воздействие). Исследовалось протекторное действие салициловой, янтарной и яблочной кислот. Известно, что органические кислоты оказывают свое регулирующее действие в микродозах. Поэтому первоначально необходимо было подобрать концентрацию тестируемых кислот, в которой они будут использоваться в дальнейших экспериментах. Подбор действующей концентрации проводился на основе оценки жизнеспособности клеток харовой водоросли после их выдерживания в 10^{-7}, 10^{-6} и 10^{-5} М растворах органических кислот в течение 24 ч и для дальнейших экспериментов была выбрала концентрация 10^{-6} М. Анализ полученных данных позволил заключить, что при увеличении концентрации Атрибута в наружной среде увеличивается его степень воздействия на скорость циклоза в клетках *Nitella flexilis*. Сравнивая эффект кратковременной (0,5ч) и длительной (24ч) предобработки клеток салициловой кислотой, можно сделать вывод, что для того, чтобы салициловая кислота реализовала свои протекторные свойства, достаточно предварительной 0,5ч -экспозиции. Янтарная кислота обладает хорошими протекторными свойствами и способна защитить клетки от воздействия гербицида. В случае невысоких концентраций Атрибута достаточно 0,5ч -экспозиции. Если же концентрация гербицида достигает 10^{-4} М, то необходимо увеличить время экспозиции в растворе янтарной кислоты до 24 ч. Яблочная кислота обладает некоторыми протекторными свойствами и способна защитить клетки от воздействия гербицида. Однако защищает клетки она лишь при кратковременной экспозиции. В случае длительной экспозиции яблочная кислота не только не защищает клетки от действия гербицида, но и, предположительно, сама оказывает неблагоприятный эффект.

ВЛИЯНИЕ ГЛИФОСАТА НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОРОСТКОВ ТРИТИКАЛЕ

Яковец О.Г., Кругленя М.А.
Белорусский государственный университет, г. Минск, пр. Независимости, 4,
e-mail: yakovets@inbox.ru

Влияние некоторых гербицидов на растения характеризуется двухфазным дозозависимым действием. Феномен стимулирующего воздействия стрессоров в низких дозах, которые вызывают неблагоприятные эффекты при более высоких дозах, получил название гормезиса. В нашей работе предпринята попытка выявления гормезисного эффекта глифосата на проростки тритикале. Для этого определялись такие ростовые характеристики, как длина корней, длина побегов, сырая масса у 10-дневных проростков озимого тритикале сортов Атлет 17 и Славко, которые выращивались рулонным методом в 10^{-7} – 10^{-4} М растворах глифосата (контроль – дистиллированная вода). В результате проведенных экспериментов установлено, что гербицид глифосат в концентрации 10^{-5} М достоверно активировал рост корней и рост побегов проростков озимого тритикале сорта Атлет 17 (в 1,1 и 1,2 раза, соответственно). Под действием глифосата в концентрациях 10^{-7} М и 10^{-6} М достоверных изменений линейных размеров и массы проростков не выявлено. В концентрации 10^{-4} М глифосат вызывал достоверное уменьшение длины корней, длины побегов, массы проростков в 4,0, 1,2, 1,5 раза, соответственно. Глифосат в концентрациях 10^{-7} М, 10^{-6} М и 10^{-5} М усиливал рост корней озимого тритикале сорта Славко в 1,3, 1,2 и 1,1 раз, соответственно. Рост побегов данный гербицид активировал в концентрации 10^{-7} М (в 1,2 раза). Увеличение массы проростков данного сорта тритикале происходило при использовании в среде выращивания глифосата в концентрациях 10^{-7} М (в 1,2 раза), 10^{-6} М (в 1,2 раза) и 10^{-5} М (в 1,3 раза). Таким образом, можно сделать вывод о наличии гормезисного эффекта глифосата на ростовые характеристики озимого тритикале исследованных сортов. Причем у озимого тритикале сорта Славко по сравнению с сортом Атлет 17 данный феномен глифосата проявляется при использовании более низких концентраций гербицида. Так, стимуляция роста по всем параметрам для озимого тритикале сорта Славко зафиксирована при использовании глифосата в концентрации 10^{-7} М, в связи с чем можно сделать вывод об эффективности использования этой концентрации для глифосатного гормезиса в отношении данной культуры. Также оптимальной концентрацией можно считать 10^{-6} М, поскольку в этой концентрации глифосат вызывает активацию роста корней исследуемой культуры при одновременном увеличении массы проростков. Гормезис глифосата проявляется у озимого тритикале сорта Атлет при концентрации 10^{-5} М.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАДМИЯ И СВИНЦА НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ РОСТА РАСТЕНИЙ *SOLANUM LYCOPERSICUM*

Лягович А.Е., Филипцова Г.Г.
Белорусский государственный университет, Минск, пр-т Независимости, 4.
e-mail: *filiptsova@bsu.by*

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами – это проблема глобального масштаба, имеющая серьезные последствия для здоровья человека и экосистем. Среди тяжелых металлов особую опасность представляют свинец и кадмий, которые, обладая высокой токсичностью, способны накапливаться в почве, воде и живых организмах. Повышение концентрации этих металлов в почвенном растворе может подавлять прорастание семян, негативно влиять на рост, развитие и продуктивность сельскохозяйственных растений, а также на качество и безопасность получаемой продукции.

Было исследовано влияние кадмия и свинца в диапазоне концентраций от 1 до 1000 мкмоль/л на всхожесть и начальные этапы роста проростков томатов (*Solanum lycopersicum*). Эксперименты проводили в лабораторных условиях. Замачивали семена в чашках Петри в дистиллированной воде (контроль) и растворах тяжелых металлов. Выращивали растения в течение 5 суток при температуре 24оС и 16 часовом фотопериоде.

Установлено, в исследуемых концентрациях кадмий и свинец не оказали существенного воздействия на всхожесть семян томатов. В контроле этот показатель составил 70%, в опытных растениях варьировал от 60 до 80%. Вместе с тем, отмечено влияние тяжелых металлов на морфометрические характеристики 5-дневных проростков. В присутствии свинца в концентрациях 1, 10 и 50 мкмоль/л наблюдалось снижение длины корня проростков, тогда как в более высоких концентрациях не выявлено достоверного влияния на данный па-раметр. Микроскопический анализ диаметра корня в зоне корневого чехлика и зоне всасывания показал, что при увеличении концентрации свинца наблюда-ется утолщение зоны корневого чехлика и уменьшение толщины зоны всасы-вания. Выявленные эффекты связаны с утолщением клеточных стенок в зоне корневого чехлика и торможением развития зоны всасывания.

Кадмий в диапазоне концентраций от 1 до 200 мкмоль/л не оказывал достоверно значимого влияния на исследуемые параметры. Однако в более высоких концентрациях наблюдался сильный дозозависимый ингибирующий эффект. При концентрациях кадмия 500 и 1000 мкмоль/л длина корня уменьшалась в 3 раза по сравнению с контролем, происходило утолщение зоны корневого чехлика, зона всасывания не формировалась.

Выявленные зависимости свидетельствуют о существенной устойчивости рас-тений томатов к действию высоких концентраций кадмия и свинца в среде. Под влиянием этих металлов происходит ряд анатомических изменений, поз-воляющих растениям адаптироваться.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Беркович Ю.А., Смолянина С.О., Беляк А.М.
ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЛИСТОВОЙ КАПУСТЫ В ОПЫТНОМ ОБРАЗЦЕ КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕИ «ВИТАЦИКЛ-Т» 5

Волотовский И.Д.
ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ СИГНАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ – ОСНОВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ОРГАНИЗМА 6

Демидчик В.В.
СИСТЕМЫ КАЛЬЦИЕВОЙ И РЕДОКС-СИГНАЛИЗАЦИИ ФОРМИРУЮТ ЕДИНЫЙ РЕГУЛЯТОРНЫЙ ЦЕНТР В КЛЕТКАХ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ 7

Ламан Н.А.
УКСУСНАЯ КИСЛОТА КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МОДУЛЯТОР СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ 8

Медведев С.С.
КОСМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ 10

Решетников В.Н., Спиридович Е.В.
СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИЗНАКОВЫХ КОЛЛЕКЦИЙ РАСТЕНИЙ – ПРОДУЦЕНТОВ БАВ ВТОРИЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА 11

Рогожин Е.А.
РОЛЬ АНТИМИКРОБНЫХ ПЕПТИДОВ В ИММУНИТЕТЕ РАСТЕНИЙ К СТРЕССОВЫМ ФАКТОРАМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ 12

Смоликова Г.Н.
БИОЛОГИЯ СЕМЯН: ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ 13

Фролов А.А.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ ЗАСУХИ В РЕШЕНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ БИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ 14

Абрамова А.А, Верещагин М.В., Креславский В.Д., Пашковский П.П.
ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННОГО УРОВНЯ UV-B НА ФОТОРЕЦЕПТОРЫ И КОМПОНЕНТЫ СВЕТОВОГО СИГНАЛИНГА В РАЗВИТИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА К ПОВЫШЕННЫМ ДОЗАМ 16

Адамович Е.Д., Градов О.В.
УПРОЩЕННЫЕ ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В АНАЛИЗЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ 17

Azizov I.V., Tagiyeva K.R.
EFFECT OF SODIUM CHLORIDE ON PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WHEAT AND MAIZE GENOTYPES 18

Алексеева М.И., Черныш М.А., Демидчик В.В.
ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ АНТИГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МОДЕЛЬНЫХ ТРАВЯНИСТЫХ И ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ 19

Алимова З.М.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КОЛЛЕКЦИИ ИНСТИТУТА В СОЗДАНИИ НОВОГО СОРТА ХЛОПЧАТНИКА С-6590 20

Антонова Г.Ф., Стасова В.В.
ИЗМЕНЕНИЯ В СОСТАВЕ МЕТАБОЛИТОВ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ТКАНЕЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ПОСЛЕ ПРИРОДНОГО НИЗОВОГО ПОЖАРА ... 21

Архипов М.В., Прияткин Н.С., Гусакова Л.П., Потрахов Н.Н., Староверов Н.Е.
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СКРЫТЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ И АНОМАЛИЙ В СЕМЕНАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, ВЫРАЩЕННЫХ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ 22

Аухадиева Э.А.
БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ *IRIS SIBIRICA* L. 23

Бабков А.В., Прохоров В.Н., Карасёва Е.Н., Азза М.Д., Сак М.М., Позняк А.С., Гриц А.Н.
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ И ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЧИСЛЕННОСТИ МЕЛКОЛЕПЕСТНИЧЕКА КАНАДСКОГО 24

Багрецова М.Р., Беркович Ю.А., Смолянина С.О.
ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ МОРКОВИ ПОСЕВНОЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕЕ 25

Бакаева М.Д., Кенджиева А.А., Стариков С.Н., Четверикова Д.В.
ВЛИЯНИЕ РОСТ-СТИМУЛИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ РОДА PSEUDOMONAS НА РЕАКЦИЮ ПШЕНИЦЫ И РАПСА НА ГЕРБИЦИД МЕТСУЛЬФУРОН-МЕТИЛ 26

Батукаев М.С., Адымханов Л.К., Батукаев А.А.
ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА РАЗВИТИЕ ЭКСПЛАНТОВ ВИНОГРАДА *IN VITRO* 27

Бачура Ю.М.
О ПРИМЕНЕНИИ АЛЬГОЦИАНОБАКТЕРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ NOSTOC-VISCHERIA В КАЧЕСТВЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА ЯЧМЕНЯ..... 28

Беляк А.М., Кривобок А.С., Бибикова Т.Н.
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НАПРАВЛЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ СИНИМИ СВЕТОДИОДАМИ НА РОСТ КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ ARABIDOPSIS THALIANA ПРИ МЕДЛЕННОМ ВРАЩЕНИИ НА 2D-КЛИНОСТАТЕ 29

Боме Н.А., Колоколова Н.Н., Королёв К.П., Белозерова А.А., Земцова Е.С., Салех С., Юркова В.А., Базюк Д.А., Черепанов А.В., Вайсфельд Л.И.
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ В СЕВЕРНОМ ЗАУРАЛЬЕ 30

Будаговская Н.В.
ИЗМЕНЕНИЕ СКОРОСТИ РОСТА ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КРАТКОВРЕМЕНОГО ЗАСОЛЕНИЯ ПРИКОРНЕВОЙ ЗОНЫ..... 31

Величко Н.И., Герасимович К.М., Рыбинская Е.И., Калацкая Ж.Н., Гилевская К.С.
ВЛИЯНИЕ НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИСАХАРИД-СЕРЕБРО НА ЗАРАЖЕНИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ВОЗБУДИТЕЛЕМ ТЕМНО-БУРОЙ ПЯТНИСТОСТИ *BIPOLARIS SOROKINIANA* 32

Гецевич К.В., Петушок В.Г., Гилевская К.С., Ахмедов О.Р., Калацкая Ж.Н.
ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАНОЧАСТИЦЫ: СИНТЕЗ И ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ..... 33

Головацкая И.Ф., Прокопенко В.И., Попов Д.С.
САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА РЕГУЛИРУЕТ РОСТ КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУР *LYCHNIS CHALCEDONICA*..... 34

Градов О.В.
МЕТОДЫ ХРОМАТО-АУКСАНОМЕТРИИ И ГХ-МС-АУКСАНОМЕТРИИ В МОНИТОРИНГЕ РЕГУЛЯЦИИ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ 35

Градов О.В., Орехов Ф.К.
"АГРОХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА" НА АКТИВНОМ ЧИПЕ В АНАЛИЗЕ РЕГУЛЯЦИИ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ..... 36

Гриусевич П.В., Толкачева Ю.В., Михалева Т.Д., Кошель С.А., Королевич А.Э., Волосатикова А.В., Демидчик В.В.
РЕДОКС-РЕГУЛИРУЕМЫЕ КАЛИЕВЫЕ КАНАЛЫ GORK И АНИОННЫЕ КАНАЛЫ ALMT ОБЕСПЕЧИВАЮТ ОТТОК ЭЛЕКТРОЛИТОВ ИЗ КЛЕТОК КОРНЯ *ARABIDOPSIS THALIANA* L. HEYNH..... 37

Гриц А.Н., Прохоров В.Н., Карасёва Е.Н., Бабков А.В., Сак М.М., Позняк А.С., Азза М.Д.
ВЛИЯНИЕ ИММУНОМОДУЛЯТОРОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ИЗОФЕРМЕНТНОГО СПЕКТРА ПЕРОКСИДАЗЫ У РАСТЕНИЙ СПИРЕИ СЕРОЙ, КИЗИЛЬНИКА БЛЕСТЯЩЕГО И ПУЗЫРЕПЛОДНИКА КАЛИНОЛИСТНОГО..... 38

Дроздова И.В., Калимова И.Б., Беляева А.И.
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ РАЗНЫХ СОЛЕЙ КАДМИЯ ДЛЯ СЕЯНЦЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ 39

Еловская Н.А., Калацкая Ж.Н., Рыбинская Е.И., Яруллина Л.Г., Бурханова Г.Ф., Николайчук В.В., Гилевская К.С.
ТРАНСКРИПЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ ГЕНОВ PR-БЕЛКОВ В ЛИСТЬЯХ КАРТОФЕЛЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ СТРЕССЕ 40

Емельянова А.В., Курьянчик Т.Г.
ВЛИЯНИЕ ГИСТИДИНА НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА В ПРОРОСТКАХ ОЗИМОГО РАПСА, ВЫРАЩЕННЫХ НА РАСТВОРЕ ЭКЗОГЕННОЙ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ 41

Ершова А.Н., Бердникова О.С., Возгорькова Е.О.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИТОГОРМОНОВ КИНЕТИНА И ЭПИБРАССИНОЛИДА НА ОБРАЗОВАНИЕ АФК ПРИ ГИПОКСИИ В РАСТЕНИЯХ СОИ РАЗНЫХ СОРТОВ..... 42

Заинчковская А.Н., Фомина Е.А., Ярошевич А.В., Зубкович А.А., Урбанович О.Ю.
ИЗУЧЕНИЕ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ HvCBF14 И HvCOR14b У СОРТООБРАЗЦОВ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ В МОДЕЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ ХОЛОДОВОГО СТРЕССА 43

Иванова А.А., Беркович Ю.А., Смолянина С.О., Беляк А.М.
ОСОБЕННОСТИ КОРНЕВОГО СНАБЖЕНИЯ В КОСМИЧЕСКОЙ ОРАНЖЕРЕЕ «ВИТАЦИКЛ-Т» 44

Ильючик И.А., Ковальчук И.А., Никандров В.Н.
ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДА КАДМИЯ НА ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КУЛЬТУРЫ *CHLORELLA VULGARIS* 45

Кабачевская Е.М., Суховеева С.В., Трофимов Ю.В., Баркун М.И.
ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЦЕССОВ РОСТА И МЕТАБОЛИЗМА РАСТЕНИЙ БАЗИЛИКА (*OCIMUM BASILICUM* L.) ОТ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОЙ СВЕТОКУЛЬТУРЫ 46

Кабашникова Л.Ф., Лукша В.И., Пашкевич Л.В., Артемчук Я.Н., Даркович М.А., Гордиенко С.С.
НАНОЧАСТИЦЫ СЕРЕБРА КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ ОТ ГРИБНОЙ ИНФЕКЦИИ 47

Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Мащенко Н.Е.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРАЙМИРОВАНИЯ СЕМЯН БОБОВЫХ КУЛЬТУР РАСТИТЕЛЬНЫМИ ФИТОПРЕПАРАТАМИ 48

Калацкая Ж.Н., Герасимович К.М., Рыбинская Е.И., Еловская Н.А., Величко Н.И., Ламан Н.А., Гилевская К.С., Николайчук В.В., Закирова Р.П.
АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ НАНОКОМПОЗИТОВ ПОЛИСАХАРИД-СЕРЕБРО И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБРАБОТАННЫХ РАСТЕНИЙ СОИ В ФАЗАХ ЦВЕТЕНИЕ-ОБРАЗОВАНИЕ ПЛОДОВ 49

Карасёва Е.Н., Прохоров В.Н., Позняк А.С., Азза М.Д., Бабков А.В., Сак М.М., Гриц А.Н.
АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ВОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ ИЗ НАДЗЕМНОЙ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN) И ЗОЛОТАРНИКА КАНАДСКОГО (*SOLIDAGO CANADENSIS* L.) НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ТЕСТ-КУЛЬТУРЫ 50

Каширских Ю.В.
НОВЫЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГУЛЯТОР РОСТА РАСТЕНИЙ СТИМАКЛЮР НА ОСНОВЕ *MACLURA POMIFERA* (RAF.) SCHNEID 51

Кем К.Р., Ламан Н.А.
РОСТОВОЙ ОТВЕТ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ ПРОРОСТКОВ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ОБРАБОТКУ СЕМЯН α-НАФТИЛУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ 52

Кем К.Р., Ламан Н.А.
ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ БРАССИНОЛИДА НА РОСТ ПРОРОСТКОВ В УСЛОВИЯХ СТРЕССА, ОБУСЛОВЛЕННОГО ВЫСОКИМИ КОНЦЕНТРАЦИЯМИ α-НАФТИЛУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ 53

Колесникова М.В.
ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ ДЕСТРУКТОРА В СЕВООБОРОТ КУЛЬТУРЫ 54

Колмаков П.Ю., Жерносеков Д.Д.
ФАКТОРЫ АДАПТАЦИИ *PICEA ABIES* К ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ УСЛОВИЯМ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ 55

Константинов А.В., Емельянова О.В., Комарова В.А., Полевикова Е.Н., Острикова М.Я., Кирьянов П.С.
ОРГАНОГЕНЕЗ *IN VITRO* РЕГЕНЕРАНТОВ БЕРЁЗЫ НА ФОНЕ ВЫСОКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ САХАРОЗЫ В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ 56

Копылович С.В., Снежинский А.А.
ПРИМЕНЕНИЕ БАКОВЫХ СМЕСЕЙ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ В ПОСЕВАХ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА 57

Корнацкий С.А. Смирнова С.Г.
БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ IN VITRO ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ 58

Королёв К.П.
МОРФО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ РАСТЕНИЙ *LINUM USITATISSIMUM* L. В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОГО УРОВНЯ СОЛЕВОГО СТРЕССА 59

Косогова Т.М.
ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА СОДЕРЖАНИЕ РАСТВОРИМЫХ БЕЛКОВ И КАРБОКСИЛАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ RUBISCO ПРОРОСТКОВ *HORDEUM SATIVUM* L. 60

Кощиц Т.О., Прохорчик П.О., Бондаренко В.Ю., Демидчик В.В.
АНАЛИЗ ПОРАЖЕНИЯ ДЕКОРАТИВНЫХ РАСТЕНИЙ ФИТОПАТОГЕНАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДХОДОВ ЦИФРОВОГО ФЕНОТИПИРОВАНИЯ .. 61

Крапивина А.А., Заднепровская Е.В., Синетова М.А., Стариков А.Ю., Габриелян Д.А., Аллахвердиев С.И.
ПРОФИЛИ ЖИРНЫХ КИСЛОТ ШТАММОВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ИЗ КОЛЛЕКЦИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ЦИАНОБАКТЕРИЙ IPPAS ИФР РАН 62

Кривобок А.С., Беляк А.М., Бибикова Т.Н.
ВРЕМЕННЫЕ ФАЗЫ РАЗВИТИЯ БОКОВЫХ КОРНЕЙ *A. THALIANA* 63

Кугач В.А., Молчан О.В.
ВЛИЯНИЕ БИ- И ПОЛИХРОМАТИЧЕСКОГО LED-ОСВЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМ СООТНОШЕНИЕМ КРАСНОГО И СИНЕГО ДИАПАЗОНОВ НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МИКРОЗЕЛЕНИ РЕДИСА И ПОДСОЛНЕЧНИКА 64

Куделина Т.Н., Татур В.В., Молчан О.В.
ВЛИЯНИЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА РОСТ ПРОРОСТКОВ РЕДИСА 65

Куделина Т.Н., Молчан О.В.
МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЯДРА В КЛЕТКАХ КОРНЯ В ПРИСУТСТВИИ В СРЕДЕ НАНОЧАСТИЦ ПОЛИПРОПИЛЕНА И ХЛОРИДА КАДМИЯ 66

Куделина Т.Н.
ВЛИЯНИЕ ПОЛИХРОМАТИЧЕСКОГО LED ОСВЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМ СООТНОШЕНИЕМ КРАСНОГО И СИНЕГО ДИАПАЗОНОВ НА РОСТОВЫЕ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАСТЕНИЙ 67

Кульбачная М.А., Логачёва М.Д., Штратникова В.Ю.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕНОВ, ОТВЕТСТВЕННЫХ ЗА БИОСИНТЕЗ ФУРАНОКУМАРИНОВ В РАСТЕНИЯХ РОДА HERACLEUM 68

Курёзов И.Р., Ибрагимов Н.М., Рузимов Ж.Ш.
РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НОРМ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПУСТЫННОЙ ЗОНЫ УЗБЕКИСТАНА 69

Лазаревич Д.К., Шевцов Н.А., Иванов О.А.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ СОЕДИНЕНИЙ С АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ В ЭКСТРАКТАХ *MOMORDICA CHARANTIA* МЕТОДОМ БИОАВТОГРАФИИ 70

Литвиновская Р.П., Манжелесова Н.Е., Савчук А.Л., Хрипач В.А.
РОСТОРЕГУЛИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ БРАССИНОСТЕРОИДОВ ПРИ СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИХ С ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТОЙ НА РАСТЕНИЯХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ 71

Лукаткин А.А., Лукаткин А.С.
ПОТЕНЦИАЛ PGPB *PSEUDOMONAS AUREOFACIENS* КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 72

Луцкий Е.О., Сундырева М.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВИНОГРАДА К НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССУ С ПОМОЩЬЮ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ 73

Маховик И.В., Бордок И.В., Волкова Н.В.
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЯГОД РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ ГОЛУБИКИ ТОПЯНОЙ (*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.) ПРИ ПЛАНТАЦИОННОМ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ 74

Мацкевич В.С., Кожевникова А.Д., Серегин И.В., Самохина В.В., Гриусевич П.В., Муравицкая А.О., Герман А.Д., Арзамазкина К.И., Губаревич К.И., Соколик А.И., Демидчик В.В.
ПРОТЕКТОРНАЯ И СИГНАЛЬНАЯ РОЛЬ ГИСТИДИНА ПРИ НИКЕЛЕВОМ СТРЕССЕ У ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ 75

Мельникова Е.В., Корытько Л.А.
ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ РЖИ К РАЗЛИЧНЫМ ПО СПЕЦИФИЧНОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЯМ РЖАВЧИННОЙ ИНФЕКЦИИ 76

Михайлова М.П.
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ СОИ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ГЕРБИЦИДОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕПАРАТОВ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ..... 77

Молчан О.В., Скуратович Т.А., Куделина Т.Н.
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ГЕРБИЦИДОВ И УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ НА РОСТ *CYCLACHAENA XANTHIIFOLIA* (NUTT) FRESEN., РАСПРОСТРАНЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ..... 78

Молчан О.В., Шабуня П.С., Фатыхова С.А.
РЕГУЛЯТОРНАЯ РОЛЬ КАЧЕСТВА И ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА В ПРОЦЕССАХ БИОСИНТЕЗА АЛКАЛОИДОВ И ПОЛИФЕНОЛОВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ И КУЛЬТУРАХ *IN VITRO*..... 79

Морозов Я.В., Тараканов И.Г., Смолянина С.О.
ФОТОРЕГУЛЯЦИЯ АЗОТНОГО МЕТАБОЛИЗМА РАСТЕНИЙ КИТАЙСКОЙ КАПУСТЫ 80

Морозов Я.В., Тараканов И.Г., Смолянина С.О.
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ВЫРАЩИВАНИЯ МЕЛКОСЕМЯННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ВОДНОЙ КУЛЬТУРЕ..... 81

Муравицкая А.О., Светлаков В.И., Бондаренко В.Ю., Калейник М.Д., Самович Т.В., Козел Н.В., Габриелян Л.С., Маноян Д.Г., Демидчик В.В.
ФЕНОТИПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ H2-ПРОДУЦИРУЮЩИХ КУЛЬТУР МИКРОВОДОРОСЛЕЙ СЕМЕЙСТВА CHLORELLACEAE 82

Налбандян А.А., Федулова Т.П., Моисеенко А.В., Руденко Т.С., Черепухина И.В.
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ К ЗАСОЛЕНИЮ..... 83

Наумович Н.И.
ГАЛОТОЛЕРАНТНЫЕ БАКТЕРИИ ДЛЯ СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАСОЛЕНИЯ 84

Небышинец П.А., Ламан Н.А., Самович Т.В., Кем К.Р.
ВЛИЯНИЕ ПРОТРАВИТЕЛЯ ТИРАМ В ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ СОСТАВАХ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН И РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ..... 85

Николайчик Е.А., Колубако А.В., Шруб Е.В.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ БАКТЕРИЙ РАСТЕНИЯМИ СЕМЕЙСТВА SOLANACEAE 86

Овчинников И.А., Калацкая Ж.Н., Гилевская К.С., Николайчук В.В.
ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА НА СОДЕРЖАНИЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И АКТИВНОСТЬ ФАЛ В ПРОРОСТКАХ ЯЧМЕНЯ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ СОЛЕВОМ СТРЕССЕ 87

Олешук Е.Н., Ламан Н.А., Самович Т.В.
ВНУТРИВИДОВОЙ ПОЛИМОРФИЗМ У *SOLIDAGO VIRGAUREA* L. 88

Падутов В.Е., Можаровская Л.В.
МОЛЕКУЛЯРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ АДАПТАЦИИ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ К СТРЕССОВЫМ УСЛОВИЯМ 89

Панов Д.А.
СИНТЕЗ НАНОБИОКОМПОЗИТОВ СЕЛЕНА И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ 90

Peng Y., Demidchik V.
DETERMINING NAUCLEA OFFICINALIS AND PAEDERIA SCANDENS TERPENOIDS AND STUDYING THEIR ANTIINFLAMMATORY EFFECTS 91

Плотникова Е.В., Анохина Г.Б., Епринцев А.Т.
БИОХИМИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ КЛЕТОЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА К УСЛОВИЯМ ГИПОКСИИ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ γ-ГИДРОКСИБУТИРАТДЕГИДРОГЕНАЗЫ В ПРОРОСТКАХ КУКУРУЗЫ *ZEA MAYS* L. 92

Подобед П.И., Нестерович М.А., Русакович А.А., Черныш М.А.
СНИЖЕНИЕ СТРЕССОВОЙ НАГРУЗКИ НА ВЫСШИЕ РАСТЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ «ПРИРОДНЫХ» АНТИОКСИДАНТОВ 93

Позняк А.С., Прохоров В.Н., Карасёва Е.Н., Азза М.Д., Бабков А.В., Сак М.М.
ОЦЕНКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ИЗ РОДА НЕДОТРОГА 94

Полянская С.Н., Иванов О.А., Лазаревич Д.К., Цвирко Е.Д., Сидорченко Е.С.
АНТИБАКТЕРИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ В ОТНОШЕНИИ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ 95

Полянская С.Н., Бакановская К.Д., Шуканов В.П., Корытько Л.А., Мельникова Е.В., Иванов О.А.
ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА РАСТЕНИЯ РАПСА И АЛЬТЕРНАРИОЗНЫЙ ГРИБ В ПАТОСИСТЕМЕ 96

Прохоров В.Н.
ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РОСТА И РАЗВИТИЯ БЛИЗКОРОДСТВЕННЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ ИЗ РОДА НЕДОТРОГА (IMPATIENS L.) НА ИХ ИНВАЗИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ 97

Прохорчик П.О., Бондаренко В.Ю., Кощиц Т.О., Савич А.С., Демидчик В.В.
ОЦЕНКА ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОХА ПОСЕВНОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО ФЕНОТИПИРОВАНИЯ 98

Пузина Т.И., Макеева И.Ю., Кириллова И.Г.
ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *SOLANUM TUBEROSUM* В УСЛОВИЯХ ДЕСТРУКЦИИ ТУБУЛИНОВОГО ЦИТОСКЕЛЕТА 99

Пушкина Н.В.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН 100

Ревуцкий С.П., Мазец Ж.Э., Пушкина Н.В.
ВЛИЯНИЕ РЯДА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ КУЛЬТУР 101

Rekoslavskaya N.I., Tretyakova A.V., Chemesova A.A., Nurminskaya Yu.V.
THE GENE UGT/IAGLU FOR INCREASE OF GROWTH, DEVELOPMENT AND HARVEST AS WELL FOR OBTAINING OF COMMERCIALLY VALUABLE VACCINES AGAINST HIV, HBV AND HPV ON THE BASIS OF PLANT EXPRESSION SYSTEM 102

Рубаева А.А., Шерудило Е.Г., Шибаева Т.Г.
ВЛИЯНИЕ УКОРОЧЕННЫХ СВЕТО-ТЕМНОВЫХ ЦИКЛОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ПИЩЕВУЮ ЦЕННОСТЬ ПОБЕГОВ *LATHYRUS OLERACEUS* LAM. 103

Русакович А.А., Марченко У.А., Онищук Ю.С., Демидчик В.В.
ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ПИВА, РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И СОКОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРОСКОПИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА 104

Савельева Е.М., Ломин С.Н., Архипов Д.В.
СУЩЕСТВОВАНИЕ И РОЛЬ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ТРАНСМЕМБРАННЫХ ФОСФОТРАНСМИТТЕРОВ В ЦИТОКИНИНОВОМ СИГНАЛИНГЕ..... 105

Самович Т.В., Небышинец П.А., Кем К.Р., Ламан Н.А.
ВЛИЯНИЕ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ, ВКЛЮЧЕННЫХ В ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ИНКРУСТАЦИИ СЕМЯН НА РОСТ ПРОРОСТКОВ ЯЧМЕНЯ 106

Самохина В.В., Русакович А.А., Мацкевич В.С., Змитрович И.В., Аксючиц А.В., Логунов К.Т., Пшибытко Н.Л., Котов Д.А., Демидчик В.В.
ЭФФЕКТ МЯГКОЙ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМЫ АТМОСФЕРНОГО РАЗРЯДА НА РЕДОКС-СТАТУС КЛЕТОК КОРНЯ И РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ У ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ 107

Скуратович Т.А., Майсеня С.В., Молчан О.В.
АНАЛИЗ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТИ ПРОРОСТКОВ ЛИНИЙ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ..... 108

Степанова Н.В., Чуйко С.Р.
ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДОВ НА ОНТОГЕНЕЗ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА 109

Сундырева М.А., Луцкий Е.О., Мишко А.Е.
ОТВЕТНЫЕ РЕАКЦИИ ВИНОГРАДА НА ЗАСУХУ, ВЫСОКУЮ ТЕМПЕРАТУРУ И ИХ СОЧЕТАНИЕ 110

Shamilov E.N., Abdullayev A.S., Allahverdiyev G.R., Garibov R.G., Mekhtiyev E.I.
INFLUENCE OF SAGE OFFICINAL EXTRACT ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF IRRADIATED WHEAT SPROUTS 111

Табанюхов К.А., Масленникова В.С., Шелихова Е.В.
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ АЛТАЙСКОГО КРАЯ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ВИРУСАМИ РОДОВ CARLAVIRUS И POTYVIRUS 112

Фролов К.Б., Фенерова П.Ю., Федюк К.А.
СПОСОБНОСТЬ К РЕГЕНЕРАЦИИ У РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ НА СТАДИИ КЛУБНЕОБРАЗОВАНИЯ 113

Черныш М.А., Бахметова А.Ф., Стромская Т.С., Жабинский В.Н., Хрипач В.А., Демидчик В.В.
РЕГУЛЯЦИЯ РОСТА ПРОТОКОРМОВ PHALAENOPSIS В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* ПОД ДЕЙСТВИЕМ БРАССИНОСТЕРОИДОВ 114

Чуйко С.Р., Степанова Н.В.
ВЛИЯНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПОСЛЕВСХОДОВЫХ ГЕРБИЦИДОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЛЬНОПРОДУКЦИИ 115

Шевцов Н.А., Иванов О.А.
ДИТЕРПЕНЫ И ТРИТЕРПЕНЫ В ДВУХЛЕТНИХ РАСТЕНИЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЕЛИ ОБЫКНОВЕННОЙ ПРИ РЕАКЦИЯХ НА ВОДНЫЙ ДЕФИЦИТ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ 116

Шибаева Т.Г., Титов А.Ф.
ФОТОПЕРИОДИЧЕСКИЙ СТРЕСС КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ 117

Шиш С.Н., Мазец Ж.Э., Спиридович Е.В.
ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ, ГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС И АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ ЮВЕНИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ 118

Штратникова В.Ю, Богданов В.П., Щелкунов М.И., Обухова Е.Н., Логачёва М.Д.
МЕТАБОЛИЗМ СИНТЕЗА ФУРАНОКУМАРИНОВ В БОРЩЕВИКЕ СОСНОВСКОГО И БОРЩЕВИКЕ СИБИРСКОМ 119

Шуканов В.П., Мельникова Е.В., Корытько Л.А., Полянская С.Н., Калацкая Ж.Н., Овчинников И.А.
РЕГУЛЯТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТА МАКРОФИТУМ ВС НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И БОЛЕЗНЕУСТОЙЧИВОСЬ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ, ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ, ЯЧМЕНЯ ОБЫКНОВЕННОГО И ПШЕНИЦЫ МЯГКОЙ 120

Шуканов В.П., Шинкарева Е.В., Мельникова Е.В., Корытько Л.А., Полянская С.Н.
ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ СЕЯНЦЕВ ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД (СОСНА И ЕЛЬ) В УСЛОВИЯХ ЛЕСНОГО ПИТОМНИКА 121

Яковец О.Г., Богданова Д.М.
АКТИВНОСТЬ ПЕРОКСИДАЗЫ В ОБРАБОТАННЫХ АТРИБУТОМ ПРОРОСТКАХ ОЗИМОЙ РЖИ 122

Яковец О.Г., Дорошенко М.Е.
ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ ПРИ ГЕРБИЦИДНОМ СТРЕССЕ 123

Яковец О.Г., Кругленя М.А.
ВЛИЯНИЕ ГЛИФОСАТА НА РОСТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОРОСТКОВ ТРИТИКАЛЕ..... 124

Лягович А.Е., Филипцова Г.Г.
АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ КАДМИЯ И СВИНЦА НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТА-ПЫ РОСТА РАСТЕНИЙ *SOLANUM LYCOPERSICUM*..... 125

АВТОРЫ

Abdullayev A.S. 111
Allahverdiyev G.R 111
Azizov I.V. 18
Chemesova A.A. 102
Demidchik V. 91
Garibov R.G. 111
Mekhtiyev E.I. 111
Nurminskaya Yu.V. 102
Peng Y. 91
Rekoslavskaya N.I. 102
Shamilov E.N. 111
Tagiyeva K.R. 18
Tretyakova A.V. 102
Абрамова А.А. 16
Адамович Е.Д. 17
Адымханов Л.К. 27
Азза М.Д. 24, 38, 50, 94
Аксючиц А.В. 107
Алексеева М.И. 19
Алимова З.М. 20
Аллахвердиев С.И. 62
Анохина Г.Б. 92
Антонова Г.Ф. 21
Арзамазкина К.И. 75
Артемчук Я.Н. 47
Архипов Д.В. 105
Архипов М.В. 22
Аухадиева Э.А. 23
Ахмедов О.Р. 33
Бабков А.В. 24, 38, 50, 94
Багрецова М.Р. 25
Базюк Д.А. 30
Бакаева М.Д. 26
Бакановская К.Д. 96
Баркун М.И. 46
Батукаев А.А. 27
Батукаев М.С. 27
Бахметова А.Ф. 114
Бачура Ю.М. 28
Белозерова А.А. 30
Беляева А.И. 39
Беляк А.М. 5, 29, 44, 63
Бердникова О.С. 42
Беркович Ю.А. 5, 25, 44
Бибикова Т.Н. 29, 63
Богданов В.П. 119
Богданова Д.М. 122
Боме Н.А. 30
Бондаренко В.Ю. 61, 82, 98
Бордок И.В. 74
Будаговская Н.В. 31
Бурханова Г.Ф. 40
Вайсфельд Л.И. 30
Величко Н.И. 32, 49
Верещагин М.В. 16
Возгорькова Е.О. 42
Волкова Н.В. 74
Волосатикова А.В. 37
Волотовский И.Д. 6
Габриелян Д.А. 62
Габриелян Л.С. 82
Герасимович К.М. 32, 49
Герман А.Д. 75
Гецевич К.В. 33
Гилевская К.С. 32, 33, 40, 49, 87
Головацкая И.Ф. 34
Гордиенко С.С. 47
Градов О.В. 17, 35, 36
Гриусевич П.В. 37, 75
Гриц А.Н. 24, 38, 50
Губаревич К.И. 75
Гусакова Л.П. 22
Даркович М.А. 47
Демидчик В.В. 7, 19, 37, 61, 75, 82, 98, 104, 107, 114
Дорошенко М.Е. 123
Дроздова И.В. 39
Еловская Н.А. 40, 49
Емельянова А.В. 41
Емельянова О.В. 56
Епринцев А.Т. 92
Ершова А.Н. 42
Жабинский В.Н. 114
Жерносеков Д.Д. 55
Заднепровская Е.В. 62
Заинчковская А.Н. 43
Закирова Р.П. 49
Земцова Е.С. 30
Змитрович И.В. 107
Зубкович А.А. 43
Ибрагимов Н.М. 69
Иванов О.А. 70, 95, 96, 116
Иванова А.А. 44
Ильючик И.А. 45
Кабачевская Е.М. 46
Кабашникова Л.Ф. 47
Кайгородова И.М. 48
Калацкая Ж.Н. 32, 33, 40, 49, 87, 120
Калейник М.Д. 82
Калимова И.Б. 39
Карасёва Е.Н. 24, 38, 50, 94
Каширских Ю.В. 51
Кем К.Р. 52, 53, 85, 106
Кенджиева А.А. 26
Кириллова И.Г. 99
Кирьянов П.С. 56
Ковальчук И.А. 45
Кожевникова А.Д. 75
Козарь Е.Г. 48
Козел Н.В. 82
Колесникова М.В. 54
Колмаков П.Ю. 55
Колоколова Н.Н. 30
Колубако А.В. 86
Комарова В.А. 56
Константинов А.В. 56
Копылович С.В. 57
Корнацкий С.А. 58
Королёв К.П. 30, 59
Королевич А.Э. 37
Корытько Л.А. 76, 96, 120, 121
Косогова Т.М. 60
Котов Д.А. 107
Кошель С.А. 37
Кощиц Т.О. 61, 98
Крапивина А.А. 62
Креславский В.Д. 16
Кривобок А.С. 29, 63
Кругленя М.А. 124
Кугач В.А. 64
Куделина Т.Н. 65, 66, 67, 78
Кульбачная М.А. 68
Курёзов И.Р. 69
Курьянчик Т.Г. 41
Лазаревич Д.К. 70, 95
Ламан Н.А. 8, 49, 52, 53, 85, 88, 106
Литвиновская Р.П. 71
Логачева М.Д. 68, 119
Логунов К.Т. 107
Ломин С.Н. 105
Лукаткин А.С. 72
Лукаткин А.А. 72
Лукша В.И. 47
Луцкий Е.О. 73, 110
Мазец Ж.Э. 101, 118
Майсеня С.В. 108
Макеева И.Ю. 99
Манжелесова Н.Е. 71
Маноян Д.Г. 82
Марченко У.А. 104
Масленникова В.С. 112
Маховик И.В. 74
Мацкевич В.С. 75, 107
Мащенко Н.Е. 48
Медведев С.С. 10
Мельникова Е.В. 76, 96, 120, 121
Михайлова М.П. 77
Михалева Т.Д. 37
Мишко А.Е. 110
Можаровская Л.В. 89

Моисеенко А.В. 83
Молчан О.В. 64, 65, 66, 78, 79, 108
Морозов Я.В. 80, 81
Муравицкая А.О. 75, 82
Налбандян А.А. 83
Наумович Н.И. 84
Небышинец П.А. 85, 106
Нестерович М.А. 93
Никандров В.Н. 45
Николайчик Е.А. 86
Николайчук В.В. 40, 49, 87
Обухова Е.Н. 119
Овчинников И.А. 87, 120
Олешук Е.Н. 88
Онищук Ю.С. 104
Орехов Ф.К. 36
Острикова М.Я. 56
Падутов В.Е. 89
Панов Д.А. 90
Пашкевич Л.В. 47
Пашковский П.П. 16
Петушок В.Г. 33
Плотникова Е.В. 92
Подобед П.И. 93
Позняк А.С. 24, 38, 50, 94
Полевикова Е.Н. 56
Полянская С.Н. 95, 96, 120, 121
Попов Д.С. 34
Потрахов Н.Н. 22
Прияткин Н.С. 22
Прокопенко В.И. 34
Прохоров В.Н. 24, 38, 50, 94, 97
Прохорчик П.О. 61, 98
Пузина Т.И. 99
Пушкина Н.В. 100, 101
Пшибытко Н.Л. 107
Ревуцкий С.П. 101
Решетников В.Н. 11
Рогожин Е.А. 12
Рубаева А.А. 103
Руденко Т.С. 83
Рузимов Ж.Ш. 69
Русакович А.А. 93, 104, 107
Рыбинская Е.И. 32, 40, 49
Савельева Е.М. 105
Савич А.С. 98
Савчук А.Л. 71
Сак М.М. 24, 38, 50, 94
Салех С. 30
Самович Т.В. 82
Самович Т.В. 85, 88, 106
Самохина В.В. 75, 107
Светлаков В.И. 82
Серегин И.В. 75
Сидорченко Е.С. 95
Синетова М.А. 62
Скуратович Т.А. 78, 108
Смирнова С.Г. 58
Смоликова Г.Н. 13
Смолянина С.О. 5, 25, 44, 80, 81
Снежинский А.А. 57
Спиридович Е.В. 11, 118
Соколик А.И. 75
Стариков А.Ю. 62
Стариков С.Н. 26
Староверов Н.Е. 22
Стасова В.В. 21
Степанова Н.В. 109, 115
Стромская Т.С. 114
Сундырева М.А. 73, 110
Суховеева С.В. 46
Табанюхов К.А. 112
Тараканов И.Г. 80, 81
Татур В.В. 65
Титов А.Ф. 117
Толкачева Ю.В. 37
Трофимов Ю.В. 46
Урбанович О.Ю. 43
Фатыхова С.А. 79
Федулова Т.П. 83
Федюк К.А. 113
Фенерова П.Ю. 113
Фомина Е.А. 43
Фролов А.А. 14
Фролов К.Б. 113
Хрипач В.А. 71, 114
Цвирко Е.Д. 95
Черепанова А.В. 30
Черепухина И.В. 83
Черныш М.А. 19, 93, 114
Четверикова Д.В. 26
Чуйко С.Р. 109, 115
Шабуня П.С. 79
Шевцов Н.А. 70, 116
Шелихова Е.В. 112
Шерудило Е.Г. 103
Шибаева Т.Г. 103, 117
Шинкарева Е.В. 121
Шиш С.Н. 118
Шруб Е.В. 86
Штратникова В.Ю. 68, 119
Шуканов В.П. 96, 120, 121
Щелкунов М.И. 119
Юркова В.А. 30
Яковец О.Г. 122, 123, 124
Ярошевич А.В. 43
Яруллина Л.Г. 40
Лягович А.Е. 125
Филипцова Г.Г. 125

Научное издание

РЕГУЛЯЦИЯ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ

Материалы X Международной научной конференции, г. Минск, 23-25 октября 2024 года

Ответственный за выпуск *Калацкая Ж.Н.*

Технический редактор *Н.А. Еловская*

Подписано в печать 30.09.2024. Формат 60x84$_{1/16}$.
Бумага офсетная. Ганитура Times New Roman Печать цифровая.
Усл.-печ.л. 7,79. Уч.изд.л. 7,41. Тираж 100 экз. Заказ № 409.

Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь».
Свидетельства о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№1/161 от 27.01.2014, №2/41 от 29.01.2014.
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск

К 125-летию со дня рождения Михаила Николаевича Гончарика (24.11.1899 - 11.04.1986)

Гончарик Михаил Николаевич - выдающийся физиолог растений, доктор биологических наук (1960), профессор (1960), член-корреспондент НАН Беларуси (1969), заслуженный деятель науки БССР (1972).

Научные исследования М.Н. Гончарика охватывали важнейшие разделы физиологии растений от фотосинтеза, физиологии стресса до минерального питания и ионного транспорта. Им разработаны научные основы полярного земледелия, обоснована возможность возделывания картофеля и других культур в условиях Крайнего Севера, исследовано влияние ионов хлора, хлорсодержащих калийных удобрений на фотосинтез, дыхание и ионный обмен растений.

М.Н. Гончариком созданы крупные научные школы по исследованию транспорта ионов через мембраны растительных клеток (профессор М.В. Юрин) и фотосинтеза (профессор В.М. Иванченко).

Основные труды:

Ганчарык М.М. Уплыў ультра-фіялкавых прамянняў на ўтварэнне антацыянаў у раслінах. Істытут біолёгічных навук. Менск, 1932.

Гончарик М.Н. Влияние экологических условий на физиологию культурных растений. Минск, 1962.

Физиология с.-х. растений. Т. 12. Физиология картофеля и корнеплодов. М., 1971 (в соавторстве);

Юрин В.М., Гончарик М.Н., Галактионов С.Г. Перенос ионов через мембраны растительных клеток. Минск, 1977.

Ганчарык М.М., Вечар А.С. Фізіялогія і біяхімія бульбы. Мінск, 1979.