

**Физиолого-биохимические
основы продукционного
процесса у культивируемых
растений**



Российская академия наук
Российская академия сельскохозяйственных наук
ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН
УРАН Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет
им. Н.Г.Чернышевского»
УРАН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН

**Физиолого-биохимические основы продукционного
процесса у культивируемых растений**

Материалы Всероссийского симпозиума с международным
участием, посвященного 85-летию со дня рождения
В. А. Кумакова

13-15 октября 2010 г., Саратов

Саратов 2010

УДК 581.1 (082)

ББК41.2 я 43

Ф50

Ф 50 Физиолого-биохимические основы продукционного процесса у культивируемых растений: Материалы докладов Всероссийского симпозиума с международным участием. - Саратов: Издательство «Саратовский источник» (Федеральное государственное учреждение науки «Российская книжная палата» г. Москва), 2010 - 102 с.

ISBN 978-5-91879-046-4

Представлены материалы Всероссийского симпозиума с международным участием, посвященного 85-летию со дня рождения В.А.Кумакова. Рассмотрены различные аспекты продукционного процесса, внешние факторы, предопределяющие и контролирующие процесс, абиотические и биотические стрессы как детерминанты онтогенеза и продуктивности, физиологические эффекты регуляторов нового поколения, действие светодиодных облучателей, взаимодействие растений с другими организмами как фактор урожая.

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

УДК 581.1 (082)

ББК41.2 я 43

Редакционная коллегия:

С.А.Степанов (отв. редактор), Е.Б.Кириченко, И.Н.Чернева (отв. секретарь)

ISBN 978-5-91879-046-4

© ГНУ НИИСХ Юго-Востока, 2010

ИЗМЕНЕНИЕ МЕТАБОЛИЗМА КОРНЕЙ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕКТИНОВ АЗОСПИРИЛЛ

Changes in metabolism of wheat germ roots caused by azospirilla lectins

Аленькина С.А., Наконечная О.И., Матора Л.Ю., Никитина В.Е.

Учреждение российской академии наук Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН; пр-т Энтузиастов 13, 410049 Саратов, тел.:(8452)970444, факс:(8452)970383

E-mail: alenkina@ibppm.sgu.ru, larisa@ibppm.sgu.ru, nikitina@ibppm.sgu.ru

Проблема ассоциативного взаимодействия растений с почвенными азот-фиксирующими микроорганизмами привлекает к себе внимание исследователей уже несколько десятков лет в связи с возможностью использования биологической фиксации азота в сельском хозяйстве. На основе различных diaзотрофных микроорганизмов, относящихся к группе бактерий, улучшающих рост растений (в том числе, и азоспирилл), были созданы и активно применяются различные биологические добавки, позволяющие избежать использования азотных удобрений. В настоящее время информации о функционировании ассоциативных симбиозов пока еще недостаточно для глубокого понимания этого явления, и многие вопросы остаются пока неясными. Кроме общепризнанных ведущих факторов - синтеза фитогормонов, улучшения водного и минерального статуса, солюбилизации фосфатов, вклада в азотное питание растений, несомненно, существует и ряд других аспектов позитивного воздействия микропартнера ассоциативного симбиоза на жизнедеятельность макропартнера.

Исследователями молекулярных механизмов функционирования микробно - растительных ассоциаций ведется активный поиск рецепторных структур микро - и макропартнеров и изучение ответных реакций, возникающих при установлении ассоциативных взаимодействий. В ассоциации «пшеница – *Azospirillum*» большой интерес представляют бактериальные лектины в связи с их известными информационными функциями в различных биологических системах [1]. Ранее с поверхности клеток *A. brasilense* Sp7 и его мутанта по лектиновой активности были выделены лектины, являющиеся гликопротеинами с идентичными молекулярными массами и углеводной специфичностью, но имеющими различные антигенные свойства. Полученные данные об участии лектинов наряду с другими поверхностными структурами в адгезии, прикреплении бактерий на корнях растений, а также способность стимулировать прорастание семян [2], позволили сделать предположение об их участии в регуляции клеточного метаболизма растительной клетки и расширить представления о роли лектинов.

Было показано, что лектины *A. brasilense* Sp7 и Sp7.2.3 в концентрации 40 мкг/мл способны модифицировать активность α , β -глюкозидаз и β -галактозидазы фракции экзокомпонентов, мембранной фракции, а также фракции апопластов корней проростков пшеницы. Лектин мутантного штамма проявлял более слабую регуляторную активность по сравнению с лектином родительского

штамма. Показано, что наибольшее влияние лектины обоих штаммов оказывали на ферменты фракции экзокомпонентов, что является логичным, так как именно белки и углеводы фракции экзокомпонентов являются рецепторами для лектинов бактерий. Специфическое взаимодействие является важным, но не единственным условием для проявления данного эффекта лектинами [2].

Полученные в серии экспериментов данные о способности лектинов азоспирилл влиять на накопление в растительных клетках стрессовых метаболитов, позволило сделать вывод о том, что лектины азоспирилл могут выступать в качестве индукторов адаптационных процессов корней проростков пшеницы.

Показано, что лектины родительского и мутантного штаммов способны в различной степени стимулировать образование перекиси водорода, оксида азота (NO) и вызывать снижение уровня цАМФ в корнях проростков пшеницы. Обработка корней проростков растений препаратами лектинов в концентрации 40 мкг/мл вызывала активацию пероксидазы и оксалаксоксидазы, но преимущественным и наиболее быстро индуцируемым путем образования перекиси является окисление щавелевой кислоты оксалаксоксидазой, так как в данном случае достаточно 10-минутной обработки корней лектинами.

Было установлено, что лектины в концентрации 40 мкг/мл в течении 15-60 мин вызывают снижение количества цАМФ в корнях проростков. Добавление ионов кальция в инкубационный раствор приводило к повышению уровня цАМФ в случае с обоими лектинами.

Было показано, что лектины в концентрации 40 мкг/мл вызывали два пика индукции синтеза оксида азота в корнях проростков пшеницы, происходящей через 3 и 26 ч совместной инкубации. Различия между лектинами родительского и мутантного штаммов наблюдались лишь в случае 26 - часовой инкубации и лектин родительского штамма в большей степени активировал продукцию оксида азота в корнях.

Лектины мутантного и родительского штаммов обладают различной регулирующей активностью, и это, вероятно связано с конформационными различиями молекул лектинов и, как следствие, различным взаимодействием с поверхностью растительной клетки, что является определяющим фактором для включения последующих этапов.

Литература:

1. Hebert E. Endogenous lectins as cell surface transducer // Bioscience Reports - 2000. - V.20. - №. 4. - P. 213–237.

2. Никитина В.Е., Пономарева Е.Г., Аленькина С.А. Лектины клеточной поверхности азоспирилл и их роль в ассоциативных взаимоотношениях с растениями // Молекулярные основы взаимоотношений ассоциативных микроорганизмов с растениями / Под ред. В.В. Игнатова. - М.: Наука, 2005. - С. 70-97.

ХЛОРОФИЛЛ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ

Андрианова Ю.Е., Тарчевский И.А.*

Казанский филиал Российской международной академии туризма,
Россия 420061, Татарстан, г. Казань, ул. Космонавтов 39,
тел.(843) 2797315, e-mail: *kfrmat@googlemail.ru*

*Учреждение Российской академии наук Казанский институт биохимии и био-
физики КазНЦ РАН
Россия, 420111, Казань, ул. Лобачевского, 2/31, тел. 8(843)2927977,
e-mail: *tarchevsky@mail.knc.ru*

Определение фотосинтезирующей поверхности листьев имело большое значение для становления и развития теории фотосинтетической продуктивности растений. Метод листовой диагностики получил широкое применение в практической работе селекционеров и растениеводов. Развитием этих представлений были работы В.А.Кумакова, проводившиеся на пшенице и показавшие значительный вклад «нелистовых» органов в формирование урожая. Им были разработаны методы определения поверхности стебля и колоса для учета общей фотосинтезирующей поверхности растения как показателя, характеризующего потенциальную фотосинтетическую продуктивность сельскохозяйственных растений. Им и другими исследователями было обнаружено, что работоспособность единицы поверхности фотосинтезирующих органов сильно различается и связано это с различным содержанием в них хлорофилла.

Мы предложили рассчитывать потенциальную продуктивность растений с помощью таких показателей, как хлорофилльные фотосинтетические потенциалы и хлорофилльные индексы (Андрианова, Тарчевский, 2000), учитывающие суммарное содержание хлорофилла во всех фотосинтезирующих органах растений. Специальные исследования позволили доказать преимущество этих показателей, по сравнению с «поверхностными», на примере многих сельскохозяйственных культур (пшеница, рожь, просо, горох, гречиха и др.). Была установлена общая закономерность изменения величины биологического и хозяйственного урожая от хлорофилльного фотосинтетического потенциала, которая описывается уравнением степенной функции с дробным показателем, и которая в последнее время получила подтверждение в работах других авторов.

Важно, что оценка хлорофилльных показателей на больших площадях может осуществляться с помощью дистанционных, в том числе аэрокосмических методов.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕПРОДУКЦИИ СЕМЯН ПШЕНИЦЫ И ВРЕМЕНИ ИХ ХРАНЕНИЯ НА КИНЕТИКУ АКТИВНОСТИ КИСЛОЙ ФОСФАТАЗЫ В ЗАРОДЫШАХ В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРОРАСТАНИЯ

Influence of wheat growing condition and time of storing their seeds upon the kinetics of acid phosphatase activity in the embryos during seeds germination

Бабицкий А. Ф.

Научно Информационный Центр, г. Кишинев, ул. Болгарская 29.

E-mail: *babandrew@mail.ru*

Свежесобранные семена растений к прорастанию не способны и им еще необходим определенный период времени нахождения в дегидратированном состоянии для завершения конечной стадии созревания, который называется периодом «покоя», хотя в это время в сухих семенах происходят некие процессы метаболизма, которые до настоящего времени не выяснены. Для изучения этого явления был выбран фермент кислая фосфатаза (КФ), активно участвующий в процессе прорастания при мобилизации неорганического фосфата, ионов калия и магния при гидролизе фитинового комплекса. Процессы фосфорилирования и дефосфорилирования являются ключевыми как в процессе транспорта промежуточных продуктов метаболизма через клеточные мембраны, так и синтеза функционально важных структурных и информационных полимеров в клетках

Методы исследования

Объект исследования семена яровой твердой пшеницы Харьковская 46, репродуцированной в полевых условиях при 3 режимах влажности почвы: без полива, 75% ППВ и 90% ППВ и двух сроков хранения: а) 1 год из урожая предыдущего года и б) урожая нынешнего года, через 2 месяца после уборки. Изучалась активность КФ в зародышах семян в процессе их прорастания в следующие интервалы времени их прорастания: 0 – семена в стадии покоя, 1-семена прорастали 1 сутки, 2 - семена через 2 суток прорастания и 3 - семена по истечению 3 суток прорастания. Активность КФ выражали в мкМ неорганического фосфата (Фн), гидролизованного одним зародышем из глицерин-1- фосфата в час. Кроме этого изучено содержание Фн в мкМ на один зародыш в ткани в момент его выделения из семян.

Результаты и их обсуждение

Найдено (рис. 1), что при хранении сухих семян в их зародышах происходят процессы активации синтеза фермента КФ и при прорастании в зародышах этих семян активность КФ превышает таковую свежесобранных семян.

Влажность почвы при репродукции семян также имеет значение и, не зависимо от времени хранения семян, при дефиците влаги в почве полученные семена, имеют (рис. 2) более низкую скорость активации КФ при прорастании. Фн в прорастающих зародышах (рис. 3, 4) всегда выше у прошедших послеуборочное дозревание семян, чем у свежесобранных. Достоверно найдено, что в сухом зародыше из послеуборочно - дозревших семян, не зависимо от уровня влажности почвы их репродукции, уровень Фн в зародыше снижен на 0,008

мкМ по сравнению со свежесобраным. Это говорит, что в процессе хранения семян в их зародышах происходят процессы фосфорилирования. Поскольку для прорастания не нужна активация синтеза ДНК и рибосомы уже имеют информационную РНК, то кандидатами на фосфорилирование могут быть белки рибосом.

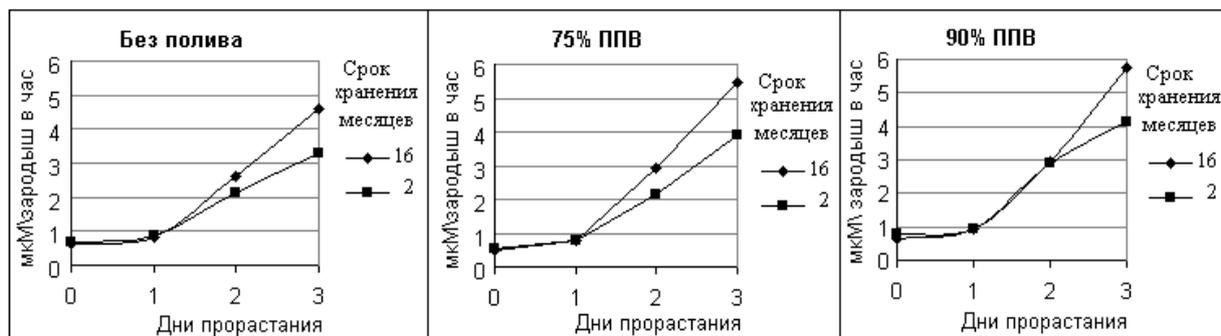


Рис. 1. Влияние времени хранения семян, репродуцированных при различной влажности почвы, на кинетику активности КФ в зародышах в процессе их прорастания.

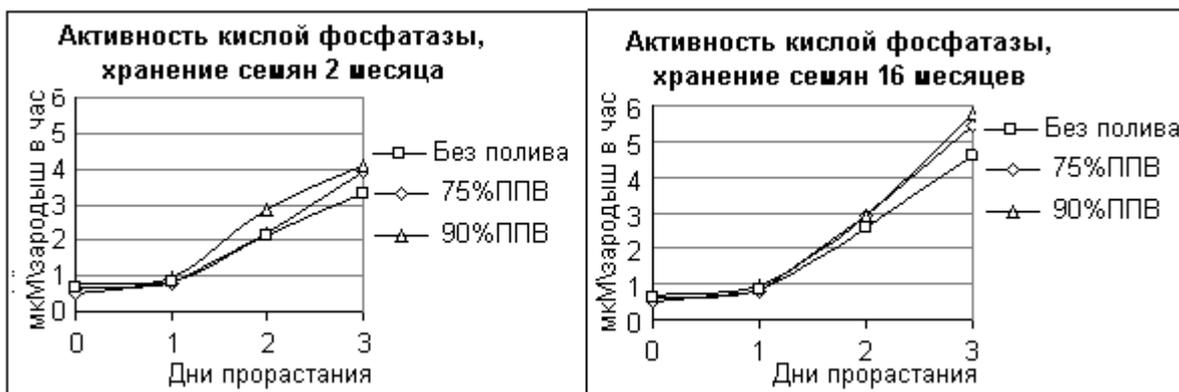


Рис.2. Влияние влажности почвы при репродукции семян пшеницы разных сроков их хранения на активность КФ в зародышах при их прорастании.



Рис. 3. Влияние времени хранения семян, репродуцированных при различной влажности почвы, на содержание Фн в зародышах в процессе их прорастания.

Выводы

У семян, прошедших период послеуборочного созревания, при прорастании в зародышах выше как кинетика активности кислой фосфатазы, так и уровень неорганического фосфата. При хранении семян в сухих зародышах снижается активность фосфатазы и содержание неорганического фосфата.

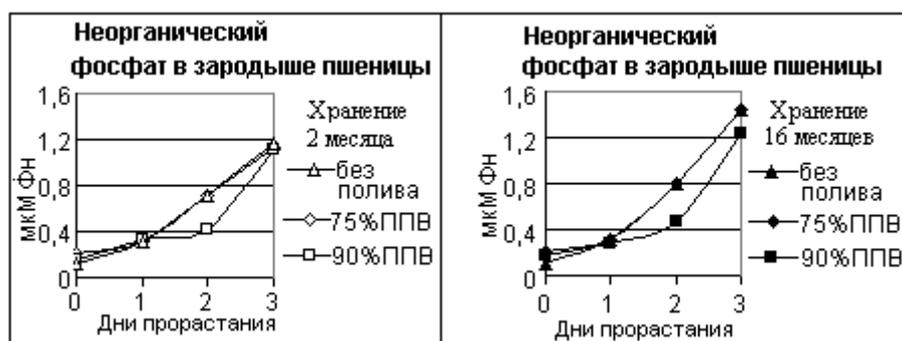


Рис. 4. Влияние влажности почвы при репродукции семян разных сроков хранения на содержание Фн расчете на один зародыш.

MODIFICATION OF THE HILL REACTION ACTIVITY BY THIAMINE AND ADP IN MAIZE HYBRID AND ITS PARENTAL INBRED LINES

Babitsky A. Ph.

Scientific Information Center, Moldova. E-mail: *babandrew@mail.ru*

Using a highly sensitive method for determining the reduced ferricyanide (FeCy) with batofenantrolina by means of the differential colorimetry there was created an opportunity tracking with high accuracy the progress of the Hill reaction activity (HRA) in the time intervals less than one minute. This approach was performed on isolated chloroplasts of maize hybrid Искра (ВИР26xВИР27) and its parental inbred lines ВИР 26 and ВИР 27. It was found that isolated chloroplasts are not even being illuminated and being in dark conditions contain the endogenous factor that reduces FeCy. Its content is proportional to the content of chlorophyll in the reaction medium and was measured in units of reduced FeCy in $\mu\text{M} / \text{mg}$ chlorophyll. In this case, the following results have been obtained: Искра - 1,12; ВИР 26 - 0,98; ВИР 27 - 1,07. Based on information that the site of reduction of the FeCy is mainly the site of reduced cytochrome b-559, which is reduced in the dark and is oxidized in the light, the dark reduction of the FeCy can be taken as a way to determine the relationship content between the chlorophyll and cytochrome b-559 in chloroplasts.

These experimental data show that heterosis may be realized through the increased value of this ratio. On the light the rate reduction of the FeCy as being measured in the form of $\mu\text{M} / \text{mg}$ chlorophyll per minute was as follows: Искра - 7,6; ВИР 26 - 6,8; ВИР 27 - 7,18. This indicates that heterosis may be realized through the increased rate of electron transfer to the acceptor of the FeCy in the HRA, not involving reaction of the PP. In condition of adding coupling factor of ADP (1 mg / ml) and transforming of HRA into a reaction of PP the rate of electron transfer along the chain of cytochromes has been increased: Искра - 9,05; ВИР 26 - 8,25; ВИР 27 - 8,65. This increment of the electron rate is an index the elimination of its inhibition on the level of coupling factors ATP synthesis or level of conjugation electron transport with the ATP synthesis. These results show that the HRA as well as the PP in heterotic hybrids exceeds that in comparison with their parental inbred lines. In this study also has been found that thiamine (1 mg / ml) causes increased flow of electrons in the HRA to such an extent that thiamine could be considered as an elimina-

tor of electrons flow through the of chloroplast coupling factor in such degree that resulting differences between genotypes are almost eliminated: Искра - 8.15; ВИР 26 - 8,2; ВИР 27 - 8,05. However, combined introduction into the reaction medium of thiamine and ADP led to resulting inhibition the rate of total flow of electrons and it is: Искра - 6,5; ВИР 26 - 5,82; ВИР 27 - 3,86 and even in such conditions the intensity of electron flow in chloroplasts of heterotic hybrid exceeds that of their inbred lines. From the above we can see that the electron transport chain (ETC) of the chloroplasts in Искра heterotic hybrid contains more molecules of cytochrome b-559 and has more high rate of electron transport as in the absence its coupling with ATP synthesis and also in his presence. It is shown for the first time that the thiamine has uncoupling effect on the electron transport in the HRA and inhibitory effect on the work of the coupling factors of ATP synthesis in chloroplast ETC.

New discovered experimental data presented in this report clearly show that thiamine as well as ADP stimulates FeCy dependent Hill reaction in isolated maize chloroplasts. However, this stimulation turns into inhibition under joint action of ADP and thiamine. Since FeCy can be reduced by ETC of PS2 or intermediately generated thiamine activated formaldehyde, it is clear that the stimulation is realized by means simultaneously binary action of two molecules of ADP or of two molecules of thiamine, but not a combination of them. From this follow that thiamine and ADP molecules have to work together in the same site by the binary excited complex consisting of one excited and the other in the ground state the same molecules or . However, combined introduction into the reaction medium of thiamine and ADP led to resulting inhibition the rate of total flow of electrons and it is: Искра - 6,5; ВИР 26 - 5,82; ВИР 27 - 3,86 and even in such conditions the intensity of electron flow in chloroplasts of heterotic hybrid exceeds that of their inbred lines. However, combined introduction into the reaction medium of thiamine and ADP led to resulting inhibition the rate of total flow of electrons and it is: Искра - 6,5; ВИР 26 - 5,82; ВИР 27 - 3,86 and even in such conditions the intensity of electron flow in chloroplasts of heterotic hybrid exceeds that of their inbred lines.

From this follow that thiamine or ADP molecules have to work together in the same site by the binary excited complex consisting of one excited and the other in the ground state the same molecules or excimers. This site is the hydrofobic MnO_2 contained cluster, which under the action of two CO_2 or plastoquinone molecules can to form an activated complex formaldehyde – thiamine, which also are the site for reduction of FeCy or competes for binding of CO_2 molecules with the subsequent formation of glycolic acid. These represent the mechanisms of O_2 evolution and glycolic acid formation in chloroplasts.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ЭНЕРГООБМЕН И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ КАПУСТЫ КИТАЙСКОЙ (*Brassica chinensis* L.) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОД СВЕТОДИОДНЫМИ ОБЛУЧАТЕЛЯМИ

Photosynthetic energy exchange and productivity in Chinese cabbage (*Brassica chinensis* L.) plants grown under light-emitting diodes

Бассарская Е.М.*, Жигалова Т.В.*, Аверчева О.В.*, Смолянина С.О.**,
Беркович Ю.А.***, Ерохин А.Н.**

* Биологический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова; Ленинские горы, д. 1, стр. 12, 119991 г. Москва, тел.: (495) 939-54-87, факс: (495) 939-43-09

** ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН; Хорошевское шоссе, 76а, 123007 г. Москва, тел.: (499) 195-63-46

E-mail: olga.avercheva@gmail.com; berkovich@imbp.ru.

Фитосветильники на основе светоизлучающих диодов (СД) – новые перспективные источники освещения для светокультуры растений. В последние годы была показана принципиальная возможность выращивания ряда культур (пшеница, соя, зеленные овощи) под светодиодными светильниками, состоящими из красных СД с добавлением синих (около 10% по плотности потока фотонов) (Goins et al., 1997; Dougher, Bugbee, 2001). Вместе с тем выявлена неоднозначная реакция разных видов растений на действие узкополосного красно-синего спектра (Yorio et al., 2001). Особенности действия узкополосного спектра СД на физиолого-биохимические процессы в растении, в том числе определяющие их продуктивность, остаются малоизученными. Фотосинтез – один из основных факторов формирования урожая растений (Ничипорович, 1982; Кумаков, 1985). В работах, проведенных нами ранее под руководством В.Ф. Гавриленко (Гавриленко, Жигалова, 1980; Бассарская, Гавриленко, 2005), была установлена связь фотосинтетического энергообмена с продуктивностью растений: высокопродуктивные сорта пшеницы отличались от низкопродуктивных сортов большей активностью фотофосфорилирования (ФФ), более прочным сопряжением потока электронов с синтезом АТФ, физико-химическими и функциональными свойствами сопрягающих белков хлоропластов.

В настоящей работе нами проведены исследования фотосинтетического энергообмена и продуктивности растений капусты китайской (*Brassica chinensis* L.) при освещении облучателем на основе красных (650 нм) и синих (470 нм) СД, в котором соотношение красной и синей составляющих излучения составило 7:1 по плотности потока фотонов (Ерохин, Беркович, 2005). В контрольном варианте растения выращивали под натриевой лампой высокого давления ДНаТ-400 (НЛ). Спектры использованных светильников представлены в работе (Аверчева и др., 2010). Растения выращивали при двух плотностях потока фотонов ФАР на уровне верхушек побегов: около 400 (391 ± 24) мкмоль/(м² с) и около 100 (107 ± 9) мкмоль/(м² с). Анализу подвергали растения в возрасте 15 и 28 суток. На рисунке представлены данные, полученные на 15-дневных растениях. В возрасте 28-дней полученные закономерности сохранялись (Аверчева и др., 2009).

Как видно из рисунка, при $100 \text{ мкмоль}/(\text{м}^2 \text{ с})$ в обоих вариантах (под СД и НЛ) масса надземной части была меньше, чем при $400 \text{ мкмоль}/(\text{м}^2 \text{ с})$. Однако 4-кратное увеличение плотности светового потока значительно усилило рост надземной части растений, освещаемых НЛ, и в меньшей степени повлияло на рост растений, освещаемых СД. Анализ фотосинтетического энергообмена показал, что у растений под НЛ активность нециклического ФФ была выше при более высокой плотности потока квантов, чем при низкой. Таким образом, у растений под НЛ отмечалась выявленная ранее закономерность – более высокий уровень ФФ наблюдается у растений, характеризующихся большей величиной урожая. У растений, выращенных под СД, наблюдали обратную картину: активность ФФ хлоропластов была выше при $100 \text{ мкмоль}/(\text{м}^2 \text{ с})$, чем при $400 \text{ мкмоль}/(\text{м}^2 \text{ с})$. Таким образом, при выращивании под СД растения, обладавшие большей активностью ФФ, одновременно с этим имели меньшую массу (см. рисунок; Аверчева и др., 2010). Аналогичные закономерности были отмечены при расчете величины $P/2e$, отражающей степень сопряженности синтеза АТФ с транспортом электронов в ЭТЦ фотосинтеза. Исследование Ca^{2+} -зависимой АТФазной активности изолированных сопрягающих белков хлоропластов (CF_1) выявило, что в контрольном варианте более высокому уровню освещения соответствовала более высокая ферментативная активность CF_1 , как и в случае ФФ. Однако при освещении СД ферментативная активность сопрягающих белков практически не изменилась при варьировании уровня освещения в исследованном диапазоне. Кроме того, сопрягающие белки в опытном варианте, в отличие от контроля, проявляли активность уже в ходе активации повышенной температурой.

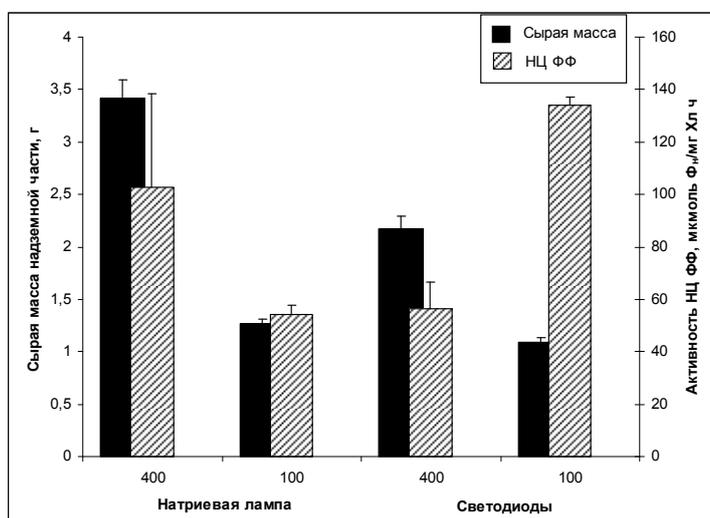


Рисунок. Сырая масса надземной части и активность нециклического фотофосфорилирования (НЦ ФФ) растений китайской капусты в возрасте 15 дней

изменения в организме растения, которые приводят к изменениям донорно-акцепторных отношений между органами (Аверчева и др., 2009). В этом случае

Таким образом, соответствие фотосинтетического энергообмена и продуктивности у растений капусты китайской, выявленное при выращивании растений под НЛ, не было обнаружено у растений, выращенных под облучателем на основе красных и синих СД. Одной из причин этого, по-видимому, явилось изменение функциональных свойств сопрягающих белков хлоропластов при освещении узкополосным красно-синим излучением. Кроме того, спектр излучения от светодиодного облучателя, использованного в наших опытах, по-видимому, вызывает системные

донорно-акцепторные отношения могут стать определяющими в регуляции продукционного процесса.

АПОМИКСИС ПРИ ИНЦУХТИРОВАНИИ СИЗОГО И УДЛИНЕННОГО ПЫРЕЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ У КУЛЬТУРНЫХ ЗЛАКОВ И ПШЕНИЧНО-ПЫРЕЙНЫХ ГИБРИДОВ (ППГ)

Apomixis in inzuchting of bluish and prolonged couch grass and its influence on the process of yield formation of crops and wheat-couch grass hybrids

Глухова Л.И.*, В.П. Упелниек В.П.**

* УРАН Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН;
ул. Ботаническая, 4, 127276, Москва, факс: (495)977-91-72

** УРАН Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва
E-mail: nex_snegiri_99@mail.ru; shum35@yandex.ru

В настоящее время во многих странах мира идет интенсивное изучение апомиксиса, т.е. типа размножения растений, происходящего без слияния женской и мужской гамет, но с образованием семян [1, 6].

Изучению апомиксиса у злаков, как в нашей стране, так и за рубежом посвящено много работ [1, 5, 6]. Однако сведения по изучению апомиксиса у пырея и, особенно, при его инцухтировании малочисленны [2, 3, 4]. Виды пырея, сизый ($2n=42$) и удлинённый ($2n=70$), на сегодняшний день не служат объектами исследования апомиксиса. Однако в связи с тем, что они являются многолетними перекрестниками, размножаются, как половым путем, так и вегетативно и имеют полиплоидную природу, можно было ожидать у них склонность к апомиксису. Поэтому в отделе отдаленной гибридизации Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН изучали склонность к апомиксису у сизого (*Agropyron glaucum Roem et Schult*) и удлинённого [*Agropyron elongatum (Host) Beauv*] пырея при инцухтировании в J_0 - J_5 поколениях.

В результате исследования в популяциях сизого и удлинённого пырея при инцухтировании выявлена генетически обусловленная склонность к наследуемому диплоидному (индуцируемому и автономному) и ненаследуемому гаплоидному (дающему уродливых бесхлорофилльных карликов) апомиксису.

Апомиксис у пырея частичный (факультативный), т.к. существует наряду с половым размножением и обусловлен партеногенезом, апоспорией и полиэмбрионией. Гены апомиксиса гомозиготизируются при инцухте, накапливаются по мере увеличения числа поколений от J_0 к J_5 и совместно с половым размножением обеспечивают стабильный урожай независимо от условий резко ухудшающейся экологии.

В старших поколениях инцухта (в J_3 - J_5), вопреки ожиданиям, семенная фертильность инцухт-линий возрастает в сравнении с их материнскими формами (М. Ф.), что связано с кумуляцией в линиях апомиктических генов и, в связи с этим, более интенсивным формированием их урожайности (табл. 1, 2).

При экстремальных условиях произрастания (засуха, заморозки, похолодание и др.) продукционный процесс у апомиктических линий пырея протекает

стабильно (без скачков и провалов), что связано с действием генов апомиксиса и амфимиксиса, обуславливающих, как половое, так и апомиктичное развитие семян. В связи с этим не происходит резкого снижения семенной фертильности инцухт-линий пырея. Это характерно для факультативных апомиктов, к которым относится и пырей, т.к. наличие у него двух способов семенной репродукции делает апомиктические популяции пырея динамичными, гибкими, способствующими процветанию агамных комплексов [1, 5].

Обнаруженный нами апомиксис у сизого и удлиненного пырея при инцухтировании от J_0 к J_5 , может значительно увеличить эффективность работ по отдаленной гибридизации и селекции культурных злаков, в первую очередь пшеницы.

При получении новых сортов пшенично-пырейных гибридов (ППГ) апомиктичные гены пырея могут оказать значительное влияние на усиление продукционного процесса этих отдаленных гибридов.

Использование апомиктичных генов, выявленных в других злаках (культурных и дикорастущих) отечественными и зарубежными исследователями [1], позволит получать стабильные урожаи злаков, используемых в питании людей, несмотря на климатические катаклизмы.

Таблица 1

Сравнение некоторых инбредных линий сизого пырея между собой и с их материнскими формами в пятом поколении (I_5)

№/№ линий	Происхождение	Высота (см), $M \pm m$	Скороспелость (дни), $M \pm m$	Продуктивные побегги (шт.), $M \pm m$	Озернённость, % при:		Поражено мучнистой росой, %	Белок, %, $M \pm m$
					Свободном опылении, $M \pm m$	Самоопылении, $M \pm m$		
1090	Пырей сизый, 4/17 Краснодар	137±4	45±1,5	29±0,9	60±5	20±3,5	0	22±0,6
1092-1098	„„„ „„„	141±5	44±1	30±2,2	51±7	14±1	0-1	28±1,5
1099-1103	„„„ „„„	147±5	42±1	66±1,6	65±5	21±2,3	0	27±1,7
1104	„„„ „„„	133±3	44±1	41±1,7	51±4	12±1	0	21±0,5
1111	Пырей сизый, 4/7 Краснодар М.Ф.*	137±3	54±1	10±1,0	49±5	14±3	20-30	21±0,7
1119	<i>A. glaucum</i> , 7/6, Минск	131±1	44±1	25±2,0	55±6	15±2	0-1	25±1,3
1121	„„„ „„„	135±1	44±1	44±1,2	64±4	17±2	0-2	23±0,5
1126	<i>A. glaucum</i> , 7/6, М.Ф.* Минск	146±6	46±1	19±2,2	54±5	16±3	20	24,4±1

Ряд отечественных, австралийских и новозеландских исследователей [1, 5] полагает, что апомиксис является репродуктивным признаком, играющим центральную роль в эволюции живых систем и, по-видимому, находится, как под генетическим, так и под эпигенетическим контролем. Предполагается, что ос-

новые элементы апомиксиса возникли через изменение небольшого числа ключевых генов. Эти изменения носят эпигенетический характер.

Таблица 2

Сравнение некоторых инбредных линий удлиненного пырея между собой и с их материнскими формами в пятом поколении (I₅)

№/№ линий	Происхождение	Высота (см), M±m	Скороспелость (дни), M±m	Продуктивные побеги (шт.), M±m	Озернённость, % при:		Поражено мучнистой росой, %	Белок, %, M±m
					Свободном опылении, M±m	Самоопылении, M±m		
1140	Пырей удлиненный 15/13 Синельниково	113	46	33	47	12	0	29±2
1150 М.Ф.*	_____	132	60	23	63	14	0-1	26±3
1158	Пырей удлиненный 15/19 Синельниково	131	57	46	47	17,5	0	24±1
1158А	_____	112	42	41	52	14,5	0	30±0,3
1159 М.Ф.*	_____	125	55	20	51	17	0	24±1

Примечание - разность достоверна при P>0,01

* М.Ф. – материнская форма

Литература:

1. Соколов В.А. и др. Третья международная конференция по апомиксису. Обзор докладов // Генетика. - 2008. - Т.44. - № 11. - С. 1570-1580.

2. Строев В.С., Глухова Л.И. К вопросу о значении самофертильности пырея для отдаленных скрещиваний // Всесоюзное совещание по отдаленной гибридизации растений и животных. Тезисы докладов. - М.: ГБС АН СССР, 1981. - С. 53-55.

3. Цицин Н.В. Пути создания новых видов и форм растений / В кн.: Генетика и селекция отдаленных гибридов. - М.: АН СССР, 1976. - С. 5-18.

4. Шевцов И.А. Использование инбридинга у растений. - Киев: Наукова Думка, 1983. - 269 с.

5. Шишкинская Н.А., Юдакова О.И., Тырнов В.С. Популяционная эмбриология и апомиксис у злаков / Саратов: Изд-во СГУ, 2004. - 145 с.

6. Gustafsson A. Apomixis in Higher plants / Lunds Univ. Arsskr.1946. - Part I. The Mechanism of Apomixis. = Bd. 42. NF 5. - Avd. 2. - N 3. - S. 1-68.

ПРОДУКТИВНОСТЬ И ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗИМОЙ РЖИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА КИСЛЫХ ПОЧВАХ

**Productivity and physiological - biochemical characteristics of cultivar
winter rye growing on soil acid**

Головко Т.К., Табаленкова Г.Н., Далькэ И.В.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН: ул. Коммунистическая, 28

Сыктывкар, тел.: (8212)249687, факс (8212)240163

E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru

Европейский Северо-Восток России характеризуется пестротой почвенного покрова, преобладанием территорий с дерново-подзолистыми и подзолистыми почвами с низким естественным плодородием и повышенной кислотностью. Снижение продуктивности сельскохозяйственных культур на кислых почвах чаще вызвано повышенной доступностью подвижных ионов алюминия, чем повышенной концентрацией водородных ионов.

Озимая рожь является традиционной культурой для северного земледелия. Она менее требовательна к теплу и более устойчива к кислым почвам, чем другие зерновые. Однако урожайность и этой культуры лимитируется низким плодородием подзолистых и дерновоподзолистых почв и повышенной кислотностью. По мнению А.А. Жученко (2004) для получения стабильно высоких урожаев зерна озимой ржи особое внимание должно быть уделено изучению сортов сочетающие устойчивость с высокой продуктивностью.

Нами проведено сравнительное физиолого-биохимическое изучение четырех сортов озимой ржи (Фаленская 4, Вятка 2, Кипрез, Ниоба). Опыты проводили на базе Фаленской селекционной станции (Кировская область). Растения выращивались на участках, почвы которых отличались в 1,5 раза по величине рН и содержанию подвижного Al. Кислото – алюмоустойчивость сортов ржи оценивали по показателям роста, зерновой продуктивности, концентрации в биомассе минеральных элементов, CO₂- газообмену и накоплению пигментов. Растения для анализа отбирали в фазу цветения.

Условия почвенного питания оказали существенное влияние на рост и развитие растений. У всех сортов на кислом участке отмечали достоверное (на 40%) снижение высоты растений и подавление побегообразования, причем количество продуктивных побегов уменьшалось больше (2–2,5 раза), чем общее число побегов. Площадь листовой поверхности на кислых почвах была в 1,3 – 3 раза меньше в зависимости от сорта. Листовой индекс, площадь листовых пластинок на единицу площади агроценоза, характеризующий взаимосвязь фотосинтеза и продуктивности составлял на нейтральном участке 1,8 – 2,5, на кислом фоне величина ЛИ снижалась в 1,5-2 раза, а у неустойчивого сорта Ниоба была меньше 1. Рассматривая в целом CO₂ –газообмен озимой ржи, следует отметить, что интенсивность фотосинтеза у высокорослого с. Вятка 2, была значительно выше (65 мг CO₂/г сухой массы·ч), чем у остальных сортов. При этом вклад стеблей с влагилицами листьев у этого сорта составлял свыше 60 %,

листьев — 32 %, в то время как у короткостебельных сортов роль листьев возрастает до 43 %, а стеблей снижается. Листья озимой ржи характеризовались сравнительно низкой дыхательной способностью (1—1,4 мг CO₂/г·ч). Максимальные значения скорости дыхания (3 мг CO₂/г·ч) отмечались у с. Вятка 2. Скорость нетто-фотосинтеза и дыхательная способность листьев растений, выращиваемых на участках с разными эдафическими условиями, достоверно не отличались. Следовательно, чувствительность ростовых процессов к условиям среды выше, чем ассимиляция CO₂. Сортная изменчивость содержания хлорофиллов в листьях варьировала в пределах 3,0 – 3,4 мг/г сырой массы. Содержание хлорофиллов в растениях культивируемых на кислых почвах было на 18 – 30% меньше, чем в контроле, при этом соотношение Хл. *a/b* изменялось незначительно. В меньшей степени в листьях снижалось содержание каротиноидов. Ассимиляционное число, характеризующее фотобиологическую активность хлорофилла, на кислых почвах возрастало почти на 40% у всех сортов, т.е. у растений на кислой почве в поглощении единицы CO₂ участвовало меньшее количество хлорофилла.

Анализ элементного состава выявил снижение на кислом участке в 1,2–1,7 раз содержания Ca и P. Соотношение K/Ca в листьях увеличивалось в 2–3 раза. На участке с низким значением pH растения поглощали больше Al. Концентрация ионов Al составляла в листьях 0,22–0,37, в корнях — 8,8–11,8 мг/г сухой массы, на нейтральном фоне 0,15 и 7,6–10,8 мг/г сухой массы соответственно.

В настоящее время ведется поиск тест – показателей для характеристики чувствительности растений к стресс-факторам. К числу таких показателей относится перекисное окисление липидов (ПОЛ). Нами показано, что активность липопероксидации в листьях ржи была в 1,3–1,6 раза выше, чем в корнях, несмотря на то, что корни накапливали в 40 раз больше Al по сравнению с листьями. У всех сортов ржи на кислой почве проявлялась тенденция к активации ПОЛ. Наиболее выраженную реакцию показывали листья с. Ниоба.

Интегральным показателем алюмотолерантности сельскохозяйственных культур является способность формировать урожай в неблагоприятных эдафических условиях. Зерновая продуктивность всех исследованных сортов снижались на кислом участке, но не в равной степени. По данным Фаленской опытной станции, у сортов Вятка 2, Фаленская и Кипрез урожайность составляла в контроле 37– 46, на кислых участках — 13–15 ц/га, у с. Ниоба — 34 и 6,5 ц/га соответственно.

Таким образом, продуктивность озимой ржи неразрывно связана со способностью сортов противостоять действию повреждающих факторов среды. Негативное влияние кислотности проявлялась в торможении роста, уменьшении площади листьев, изменении ряда физиолого-биохимических показателей и как следствие снижении урожайности.

ВОДОСБЕРЕГАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ РАСТЕНИЙ И ЕЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

Гончарова Э.А., Ситников М.Н., Щедрина З.А.

Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства

Санкт-Петербург Россия

E-mail: *e.goncharova@vir.nw.ru, genetic@mail.ru*

Центром внимания сельскохозяйственной биологии является проблема формирования и повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. Однако спектр таких растений довольно велик, а их чувствительность к условиям произрастания весьма разнообразна и специфична.

В настоящее время актуальной становится задача интенсификации сельскохозяйственного производства. Высокая стоимость энергоносителей, удобрений и средств химизации, а также изменяющиеся погодные условия предъявляют повышенные требования к сортам и гибридам сельскохозяйственных растений.

Вопросы изучения водного режима растений уже многие годы привлекают к себе внимание исследователей. Водный режим растений играет важнейшую роль в жизнедеятельности растений и определяет ростовые, продукционные и адаптивные процессы.

Характеризуя различные сельскохозяйственные культуры и их разные сорта как высоко- или низкоурожайные, необходимо учитывать, что уровень продуктивности сорта – наследуемый, генетически закрепленный признак (Драгавцев, Удовенко, Гончарова, 1999). Однако этот признак говорит лишь о потенциальной возможности сорта к образованию той или иной величины урожая, но реализация этой возможности зависит от условий среды.

Сорта и гибриды с высокой потенциальной продуктивностью, как правило, менее устойчивы к изменению экологических условий, им свойственна высокая вариативность качества урожая и, следовательно, более высокие требования к агротехнике.

Многочисленными экспериментами установлено, что экстремальные условия в разной степени подавляют ростовые процессы и снижают урожай, воздействуя на растения в разные фазы онтогенеза (Удовенко, Гончарова, 1982). Зерновые культуры наиболее чувствительны к экологическим стрессам в период появления и начала развития всходов. В стрессовых условиях у растений, как правило, снижается оводненность тканей и происходит перераспределение подфонов воды – возрастает количество трудноизвлекаемой и резко снижается содержание слабосвязанной воды. В результате снижается подвижность воды в растении и активность метаболизма, но возрастает водоудерживающая способность тканей и устойчивость организма к экстремальным воздействиям (Гончарова, 2005, Гончарова и др., 2009). Даже кратковременный водный стресс не проходит для растения бесследно, а глубина нарушения водного режима определяется не только силой и продолжительностью засухи, но зависит от возраста, фазы развития и физиологического состояния, как отдельных органов, так и целого растения.

Засухоустойчивость растений тесно связана с водным режимом и определяет устойчивость клеток и тканей к обезвоживанию. Потеря 40-90% воды от общего содержания для большинства растений оказывается губительной. Слабозасухоустойчивые растения гибнут при потере 50% воды, а наиболее засухоустойчивые переносят потерю более 80% имеющейся у них воды. Устойчивость к водному стрессу включает две группы адаптационных механизмов: задержка процессов обезвоживания растения и механизмы, позволяющие растению функционировать при дегидратации.

В факторостатных опытах достоверно показано, что зерновые растения реагируют вначале на температурные условия вегетации, позднее - на условия водоснабжения и еще позднее – на действие удобрений. Оптимизация водного питания увеличивает приток пластических веществ к формирующимся зерновкам, а интенсивность этих процессов зависит от терморегима в период роста и налива зерна (Удовенко, 1999; Гончарова, 2005, 2009). Водный режим также обуславливает отношение растений к переменным условиям температуры и влажности – величину поглотительной и выделительной способности корня, транспирацию, регуляцию барьерной системы для свободного передвижения воды и ионов и др.

Существует несколько подходов к оценке реакции генотипа к лимитирующим факторам среды. Наиболее традиционным является гибридологический анализ в многолетних полевых испытаниях, но он является наиболее длительным и трудоемким. Более ускоренный способ - это моделирование комплекса средовых факторов с помощью различной фитотронной и биофизической аппаратуры, позволяющих контролировать условия роста и развития растений, при этом оценивая морфологические и физиологические параметры в моделируемых условиях.

Традиционные методы селекции являются трудоемкими, энергозатратными и продолжительными по времени, но быстрое развитие молекулярной генетики позволяет разрабатывать новые методики в селекции растений на основе последних достижений. Молекулярно-генетический подход к оценке взаимодействия генотип-среда основан на использовании различных молекулярных маркеров и хромосомных карт. Сейчас имеется целый ряд молекулярных маркеров, локализованных на хромосомах с достаточным разрешением, с помощью которых можно решать различные задачи, направленные, в конечном итоге, на увеличение продуктивности и, при этом, сократить время селекционного процесса.

Наиболее перспективным, на наш взгляд, представляется объединение методов классической селекции и молекулярной генетики. При таком подходе появляется возможность определять наличие ценных аллелей у родительских форм и у гибридного потомства, не проводя многолетних полевых испытаний, а с помощью лабораторных исследований и по результатам одного года выявить перспективные генотипы. Погодные условия прошедшего года заставляют направить селекционный процесс в область увеличения водосберегающей способности сельскохозяйственных растений и повышения их засухоустойчивости,

с использованием последних достижений мировой науки в области генетики и молекулярной биологии.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ АБРИКОСА В КРЫМУ

The influence of environment factors on productivity of apricot in the Crimea

Горина В.М., Рихтер А.А.

Никитский ботанический сад-Национальный научный центр, НААНУ
Украина, АР Крым, 98648 Ялта, тел.: (0654) 33-55-16,
факс: (0654) 33-65-50 E-mail: valgorina@yandex.ru

Для каждого региона Украины существует ряд погодных факторов, которые определяют урожайность той или иной культуры. Анализ погодно - климатических условий в холодный и теплый периоды на Южном берегу Крыма за годовые интервалы 1931-1960 гг, 1961-1990 гг, 1991-2004 гг, свидетельствует о значительном изменении следующих показателей: числа суток с относительной влажностью воздуха $> 80\%$ (в период с ноября по март они составляли 61, 43, 22 и с апреля по октябрь – 35, 21, 7 сут.), осадков (340, 328, 322 и 242, 258, 299 мм) и продолжительности солнечного сияния (359, 382, 391 и 1866, 1910, 1868 час). Так, в течение 74 лет в холодный период года существенно снизилось число суток с относительной влажностью воздуха $> 80\%$ и увеличилась продолжительность солнечного сияния [1].

Возрастание количества осадков и относительной влажности воздуха в период цветения растений сливы домашней ('Ренклюд Альтана') в 1980-2000 годы в условиях Крыма может негативно отражаться на их продуктивности в соответствующий вегетационный период. Продуктивность сливы зависела от годовой суммы осадков, суммы осадков в период цветения, числа суток с осадками > 1 мм., относительной среднегодовой влажности воздуха, максимальной температуры воздуха в октябре и перепадов температуры в марте [2]. Такие же зависимости могут быть правомерными и для абрикоса. Цель исследования – изучение влияния погодно-климатических факторов окружающей среды на продуктивность сортов абрикоса различного происхождения.

В работу были включены образцы – 'Костинский' и 'Степняк Оранжевый' – селекции НБС-ННЦ, 'Май Хе Син' из Китая и 'Large Early' из Европы.

Учитывая важность влияния на процесс оплодотворения относительной влажности воздуха и продолжительности солнечного сияния в период цветения, рассмотрели параметры этих признаков вычисленные за 5 суток до и 10 суток после даты массового цветения (всего 16 суток). Кроме того в схему анализа включили максимальную температуру воздуха в октябре ($^{\circ}\text{C}$), среднегодовую относительную влажность воздуха (%), число суток в году с осадками > 1 мм., сумму осадков за год (мм), степень поражения *Monilinia laxa* (в баллах) и урожайность растений (кг/дер.).

Наблюдения за насаждениями 1973 года посадки вели в течение 35 лет с 1975 по 2009 год, но корреляционные зависимости между оцениваемыми признаками рассчитывали с начала получения хозяйственного урожая с 1980 г по

2003 г (n = 24) ('Степняк Оранжевый', 'Май Хе Син', 'Large Early'). Растения сорта 'Костинский' вступили в плодоношение раньше, в связи с чем учет урожая вели с 1977 по 2003 г (n = 27). В период с 2004 по 2009 г наблюдали резкое снижение продуктивности всех сортов, что очевидно связано с возрастом растений и общим ухудшением условий возделывания.

При рассмотрении взаимосвязей между урожайностью растений абрикоса и параметрами внешних факторов выяснено, что продуктивность отрицательно связана с относительной влажностью воздуха в период цветения $r = -0,20 - -0,50^*$ и среднегодовой относительной влажностью воздуха $r = -0,22 - -0,54^*$, но положительно с продолжительностью солнечного сияния в период цветения $r = 0,38^* - 0,54^{**}$. Связь урожайности, с одной стороны, и числа суток с осадками > 1 мм и суммой осадков за год, с другой, была как правило отрицательной $r = -0,41^* - -0,51^*$ и $r = -0,17 - -0,41^*$. Поражение генеративных органов *Monilinia laxa* также приводило к снижению урожайности $r = -0,21 - -0,40^*$. Низкие значения коэффициентов корреляции между этими признаками очевидно связаны с ежегодными обработками насаждений химическими препаратами в соответствии с технологическими инструкциями. Прекращение таковых с 2004 г привело к резкому поражению монилиозом (до 4-5 баллов) и падению продуктивности растений. Факторы увлажнения не оказали положительного влияния на урожайность растений, так как основное количество осадков выпадало в осенне-зимний период.

Рассматривая особенности плодоношения сортов абрикоса, отметим, что за период получения хозяйственных урожаев (27 лет) для растений 'Костинский' суммарная продуктивность составила 678,1 кг/дер., из них 3 года были без плодоношения и 3 года с небольшим урожаем. Общий урожай за 35 лет достигал 693,3 кг/дер.

С растений 'Степняк Оранжевый' за 24 года было собрано 190,4 кг с одного дерева. Отмечено 11 лет – без плодоношения и 6 лет с невысокой урожайностью. Суммарный урожай за 35 лет составил 2090 кг/дер.

Растения 'Large Early' за 24 года дали 617,9 кг/дер. из них 2 года без продукции и 6 лет были малоурожайными. Урожай за 35 лет – 654,4 кг/дер.

Продуктивность растений 'Май Хе Син' за 24 года составила 570,2 кг/дер., из них 4 года были без плодов и 7 лет – с низкими показателями плодоношения. Суммарная урожайность за 35 лет соответствовала 591,2 кг/дер.

Очень низкую продуктивность растений абрикоса в отдельные годы для рассматриваемых сортов можно объяснить отсутствием осадков в летний период во время формирования генеративных почек, обуславливающих урожай будущего года или в период роста и развития плодов.

В годы с оптимальным распределением внешних факторов плоды этих сортов имели гармоничное сочетание сахаров и кислот, с полным отсутствием терпкости, которая проявлялась только в очень засушливые сезоны. Сорт 'Костинский' прошел регистрацию в ГСИ и включен в Реестр сортов Украины. Интродуцированные сорта 'Май Хе Син' и 'Large Early' используются в селекции как источники крупноплодности.

Литература:

1. Фурса Д.И., Корсакова С.П., Амирджанов А.Г., Фурса В.П. Радиационный и гидротермический режим Южного берега Крыма по данным агрометеостанции «Никитский сад» за 1930-2004 гг. и его учет в практике виноградарства. – Ялта, 2006. – 54 с.

2. Бублик М.О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва – К.: Нора-Друк, 2005. – 288 с.

ПЕРЕКИСНЫЙ ГОМЕОСТАЗ В ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЯХ РАСТЕНИЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕЙСТВИЕ ДИКВАТА

Peroxidative homeostasis in wheat plant response reaction to diquat action

Грудина Н.С., Бацманова Л.М., Таран Н.Ю.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко;

ул. Владимирская, 64, 01033 Киев, тел.: (044)5221427

E-mail: *grudina@ukr.net*, *l.batsmanova@gmail.com*, *tarantul@univ.kiev.ua*

Гербициды – неотъемлемая часть современного сельскохозяйственного производства. С одной стороны, они способствуют повышению урожайности растений, с другой, являются ингибиторами метаболизма, поскольку, проникая в клетки растений индуцируют развитие свободнорадикальных процессов, которые сопровождаются повреждением основных биологических макромолекул, нарушается равновесие между прооксидантами и антиоксидантами, что ведет к развитию окислительного стресса. Проследить за распространением гербицидов нелегко, и низкие концентрации этих соединений, несомненно, воздействуют на растения, для которых они не были изначально предназначены. В случае полевых культур они действуют аддитивно с нормальными дозами гербицидов, применяемых на данном поле. Целью нашей работы было выяснить, как развиваются защитные механизмы у растений под действием низких концентраций десиканта диквата, который является инициатором пероксидного окисления липидов (ПОЛ) в листьях пшеницы в условиях полевого опыта. Поскольку, первичная фитотоксичность диквата связана с образованием активных форм кислорода (АФК), мы рассматривали уровень ПОЛ и активность супероксиддисмутазы (СОД) как критерии скорости реакций окислительных повреждений и развития защитных процессов. Надземную часть опытных растений пшеницы сортов Панна, Тронка (степной экотип) и Столичная (лесостепной) обрабатывали раствором диквата в концентрации $1 \cdot 10^{-6}$ М в фазе кущения. Контрольные варианты обрабатывались дистиллированной водой. Биохимические исследования проводились через 24 часа, 48 часов и в фазе цветения.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что у растений пшеницы степного экотипа окислительные повреждения развиваются более интенсивно, чем у растений лесостепного. Так, интенсивность ПОЛ через 24 часа после обработки у растений сорта Тронка увеличивалась на 95%, у сорта Панна – на 84%, а у сорта Столичная – на 20%. На вторые сутки после обработки окислительные процессы оставались на высоком уровне у сорта Тронка (83%), значительно снизились у растений сорта Панна (19%) и наметилось снижение у

растений сорта Столичная (17%). К фазе цветения интенсивность ПОЛ снизилась до уровня контрольных значений у растений сорта Столичная, у растений сорта Панна ниже контрольных вариантов (7%), а у сорта Тронка оставалась на таком же высоком уровне (80%). Активность СОД через сутки после обработки увеличивалась у растений всех исследуемых сортов: на 48% у растений сорта Столичная, на 8,5% - у сорта Панна, на 6,6% - у сорта Тронка. На вторые сутки после обработки наблюдалось снижение активности СОД у растений сортов Панна - до уровня контрольных вариантов, Столичная - на 6,5%, а у сорта Тронка активность СОД не изменилась. В фазе цветения активность СОД оставалась на уровне контрольных вариантов у растений сортов Столичная и Панна, а сорта Тронка возросла на 15%. Поскольку, урожайность – сложный показатель, который интегрирует действие всех факторов на растение в процессе онтогенеза, а ее величина это определенный компромисс между продуктивностью и стойкостью, мы проанализировали изменение урожайности под действием гербицида.

Полученные результаты показывают, что у опытных растений сорта Столичная урожайность - на уровне контрольных вариантов, а у сортов Панна и Тронка снизилась (на 17% и 21% соответственно). Таким образом, в ответ на действие гербицида у растений активируются защитные реакции, направленные на снижение окислительных повреждений. У стойких сортов защитные механизмы развиваются быстрее.

СВЕТО-ТЕМПЕРАТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕХ ВИДОВ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

Light-temperature characteristic of three clover meadow species

Дроздов С.Н.*, Холопцева Е.С.*, Коломейченко В.В.**

*Учреждение РАН, Институт биологии, Кар. НЦ., ул. Пушкинская, 11, 185910, Петрозаводск, тел (8142)762712, факс (8142)769810.

**Орловский государственный агроуниверситет, ул. Генерала Родина 69, 302033 Орел.

E-mail: holoitseva@krc.karelia.ru

На территории России встречается около 60 видов клевера. Из их числа наибольшее хозяйственное значение имеет клевер луговой – красный (*Trifolium pratense* L.). Дикая форма этого вида широко распространены в природе, что свидетельствует о величине его внутри видового диапазона. Широкое почвенно-климатическое разнообразие территории России, даже в пределах одного географического региона, диктует необходимость выведения сортов, эколого-физиологическая характеристика которых отвечает конкретным условиям их выращивания (Жученко, 2003). Это требует знания конкретных условий внешней среды и селекционного материала. Однако, если необходимые почвенно-климатические данные могут быть получены в достаточно полном объеме, то эколого-физиологическая характеристика исходного биологического материала в лучшем случае только на качественном уровне, в то время как возрастание роли экологических показателей в характеристике генотипа требует их перево-

да из качественного описания в количественное. Развитие фитотроники, обеспечивающей получение регулируемых условий внешней среды, и вычислительной техники предоставило возможность осуществления в биологии системных исследований с проведением многофакторных планируемых экспериментов (Курец, Попов, 1979), результаты которых могут быть представлены весьма компактно, в виде полиномов – уравнений регрессии. Последние и являются математическими моделями исследуемых процессов с эмпирическими константами. Их объективность определяется качеством эксперимента, полнотой охвата многообразия связей растения со средой. Одним из методов определения экологической характеристики растений на конкретной фазе его развития является определение интенсивности ведущих факторов внешней среды, обеспечивающих заданный уровень, в том числе потенциальный, одного из основополагающих физиологических процессов, чутко реагирующих на условия среды. Так как в природных условиях сочетания интенсивности факторов, обеспечивающих достижение потенциального максимума исследуемого биологического процесса, бывает крайне редко, комфортными (оптимальными) условиями среды для конкретного генотипа являются условия его фоновой зоны (Лархер, 1878; Дроздов, Курец, 2003). Физиологическим процессом, отвечающим указанным требованиям, является CO_2 -обмен интактных растений, который хорошо дистанционно контролируется и чутко реагирует на изменения факторов внешней среды

Задачей данной работы было изучение свето-температурной характеристики трех сортов клевера лугового путем определения параметров света и температуры, обеспечивающих достижение потенциального максимума и зоны оптимума их нетто-фотосинтеза.

Исследования проводили с сортами клевера лугового, рекомендованными для I и II зоны земледелия (Гос. реестр): Тимирязевец – двуукосный, тетраплоидный, селекции ТСХА, Нива – одноукосный, селекции Архангельской государственной опытной станции и ВИК – скороспелый, селекции Всесоюзного института кормов.

Проросшие семена высевали по 10 – 12 шт. в сосуды емкостью 0,5 л. Растения выращивали в песчаной культуре под люминесцентными лампами при освещенности около 10 клк и фотопериоде 14 ч, температуре воздуха 20–22°C, с ежедневным обильным поливом раствором Кнопа, дополненным микроэлементами. Отстающие в росте и нетипичные растения удаляли и при достижении ими фазы 3–4 настоящего листа сосуды по одному переносили в установку для исследования CO_2 -обмена, где проводили в трех повторностях двухфакторный эксперимент (Курец, Попов, 1991). В соответствии с квазиортогональным планом эксперимента (Лисенков, 1979) в установке варьировали на трех уровнях освещенность и на четырех – температуру, делая измерения на каждой ступени плана.

Обработка опытных данных методом нелинейного регрессионного анализа позволила получить численные коэффициенты уравнений связи CO_2 -обмена растений со светом и температурой: $P_n = b_0 + b_1E + b_2T + b_3ET + b_4T^2 + b_5T^2$, где

P_n – нетто-фотосинтез интактного растения, $\text{мгСО}_2/\text{г ч}$, E – освещенность, клк, T – температура, $^{\circ}\text{C}$; $b_0 - b_5$ – полученные опытным путем коэффициенты.

Анализ моделей численными методами показал значительные различия сортов по уровню газообмена и условиям среды, обеспечивающим его проявление. Наиболее теплолюбивым показал себя с. ВИК-7, температурная зона оптимума которого начинается с 20°C и потенциальный максимум нетто- фотосинтеза достигает $30 \text{ мгСО}_2/\text{г ч}$. Этот же сорт и наиболее светолюбив. Наименее теплолюбив с. Тимирязевец, его температурная зона оптимума в исследуемую фазу развития находится в диапазоне $12-28^{\circ}\text{C}$, а световая – $27-50$ клк. Потенциальный максимум видимого фотосинтеза $18,1 \text{ мгСО}_2/\text{г ч}$. Сорт Нива занимает промежуточное положение.

Проведенные исследования подтвердили широкий диапазон внутривидового разнообразия клевера лугового.

Литература:

1. Дроздов С.Н., Курец В.К. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. - Петрозаводск, ПГУ. 2003. - 170 с.
2. Жученко А.А. Адаптивная стратегия селекции растений. - М.: Агроруд, Т. 1. - 780 с.
3. Курец В.К., Попов Э.Г. Статистическое моделирование системы связи растение–среда. - Л.: Наука. 1991. - 152 с.
4. Лархер В. Экология растений. - М.: Мир. 1978. - 280 с.
5. Лисенков А.Н. Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экспериментов. - М.: Медицина. 1979. - 344 с.

ФИЗИОЛОГО–БИОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ БАКТЕРИЯМИ РОДА *AZOSPIRILLUM*

Physiological–biochemical changes in wheat seedlings inoculated with *Azospirillum* bacteria

Евсеева Н.В., Матора Л.Ю., Бурьгин Г.Л., Щеголев С.Ю.

Учреждение Российской академии наук Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, пр. Энтузиастов 13; 410049 Саратов, тел.:(8452)970474, факс:(8452)970383. E-mail: evseeva@ibppm.sgu.ru

В процессе постепенного снижения количества вносимых минеральных удобрений и пестицидов для повышения продуктивности растений необходимо активизировать биологические компоненты агроценозов, среди которых особое место занимают симбиозы пшеницы с ассоциативными бактериями рода *Azospirillum*. Получая от растения доступное органическое сырье, азоспириллы, как и другие рост-стимулирующие микроорганизмы, поставляют своим партнерам легкоусвояемые соединения азота, способствуют повышению доступности фосфора в ризосфере, синтезируют стимулирующие развитие растений фитогормоны и витамины, снижают численность и подавляют активность почвенных фитопатогенов [1]. Принимая во внимание выявленные позитивные эффекты взаимодействия макро- и микропартнеров в ассоциативном симбиозе, следует заметить, что основная масса работ на эту тему посвящена особенностям

функционирования ризобактерий без детального рассмотрения фенотипа, физиолого-морфологических и биохимических изменений в растении-хозяине. В частности, до сих пор мало внимания уделяется исследованиям особенностей функционирования апикальных меристем корня, являющихся образовательными и регулируемыми центрами растения-хозяина [2] и одним из основных мест локализации ассоциативных бактерий [3].

В ходе ряда предварительных исследований было установлено, что меристематические клетки растений пшеницы характеризуются наличием белка-маркера, названного пролиферативным антигеном инициалей (ПАИ), уровень содержания которого отражает степень устойчивости клеточного гомеостаза в стеблевых апексах пшеницы, что дает возможность оценивать селекционный материал на устойчивость к стрессовым факторам [4]. Кроме того, было показано, что ПАИ связан с генотипическими особенностями функционирования каллусных клеток при переходе их к эмбриогенезу в культуре *in vitro* [5]. Это позволило нам предположить, что оценки его содержания могут быть использованы в качестве одного из критериев, характеризующих ответные реакции растений при взаимодействии с ассоциативной микрофлорой.

Целью настоящей работы было исследование митотической активности клеток корневых меристем и физиолого-морфологических показателей проростков пшеницы сорта Саратовская 29 при инокуляции корней растений ассоциативными бактериями *Azospirillum brasilense* Sp7 и Sp245.

Трехсуточные проростки пшеницы инкубировали в течение суток в суспензии бактерий *A. brasilense* Sp7 и Sp245 и энтеробактерий *Escherichia coli* K12 с концентрацией 10^8 кл/мл. В других вариантах опыта проростки обрабатывали бактериями *A. brasilense* Sp245, предварительно фиксированными 2%-ным раствором глутарового альдегида. По окончании инокуляции проростки помещали в водную среду. Контролем в эксперименте служили неинокулированные растения, выращенные в водной культуре. Пробы отбирали через двое суток после инокуляции. Функциональную активность меристематических клеток корня проростков оценивали по двум параметрам: 1) результатам определения митотического индекса клеток; 2) сравнительным оценкам содержания ПАИ. Для определения митотического индекса апикальные меристемы корня фиксировали в уксусной кислоте с этанолом (3:1). Материал окрашивали в ацетогематоксилине, мацерировали с использованием фермента цитазы и просматривали при 400-кратном увеличении. Для выявления ПАИ применяли иммуноферментный анализ с использованием кроличьих моноспецифических антител к ПАИ.

Было установлено, что в ответ на обработку живыми бактериальными клетками *A. brasilense* Sp7 и Sp245 имело место примерно двукратное увеличение митотического индекса меристематических клеток корней и увеличение содержания в них ПАИ почти в полтора раза. При этом отмечено возрастание длины побега и корней проростков пшеницы в 1,2 и 1,4 раза соответственно. Сухая масса побега и корней проростков повышалась незначительно. Живые энтеробактерии *E. coli* K12 не оказывали стимулирующего действия на расте-

ния. Предобработка бактериальных клеток *A. brasilense* Sp245 глутаровым альдегидом приводила к подавлению их стимулирующего действия на растения. Обсуждается вопрос о связи ПАИ с трансдукцией гормонального сигнала в клетке. Полученные результаты дают основание оценивать информативность определения ПАИ в качестве показателя эффективности растительно-бактериальных взаимодействий.

Литература:

1. Steenhoudt O., Vanderleyden J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects // FEMS Microbiol. Rev. - 2000. - V.24. - P. 487–506.

2. Иванов В.Б. Меристема как самоорганизующаяся система: поддержание и ограничение пролиферации клеток // Физиология растений. - 2004. - Т. 51. - С. 926–941.

3. Bashan Y., Levanony H. Factors affecting adsorption of *Azospirillum brasilense* Cd to root hairs as compared with root surface of wheat // Can. J. Microbiol. – 1989. - V. 35. - P. 936–944.

4. Патент Российской Федерации № 2062562, МКИ С1, 6А01Н 1/04. Способ оценки селекционного материала на устойчивость к стрессовым факторам / Володарский А.Д., Евсеева Н.В., Кумаков В.А. Бюлл. Изобр. № 18, 1996.

5. Евсеева Н.В, Ткаченко О.В., Лобачев Ю.В., Фадеева И.Ю., Щеголев С.Ю. Биохимическая оценка морфогенетического потенциала каллусных клеток в культуре *in vitro* пшеницы // Физиология растений. - 2007. - Т. 54, № 2. - С. 306–311.

СОДЕРЖАНИЕ ДОЛГОЖИВУЩИХ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ В ЗРЕЛОМ ЗЕРНЕ КАК МОЛЕКУЛЯРНЫЙ МАРКЁР МОРОЗО- СТОЙКОСТИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

**Long-lived nucleic acids content in mature grains
as molecular marker of wheat (*Triticum aestivum* L.) frost-resistance**

Евтушенко Я.Ю., Насонов А.И., Букреева Г.И., Плотников В.К.

Краснодарский институт сельского хозяйства им. П.П. Лукьяненко, 350012,
Краснодар, тел.: (861) 222 69 14, факс: (861) 222 69 72

E-mail: vkpbio@mail.ru

Развитие маркёр-зависимой селекции предполагает наличие простых молекулярных методов анализа селекционного материала в селекционно-значимых масштабах. Результаты многолетних исследований лаборатории молекулярной биологии КНИИСХ свидетельствуют в пользу того, что важнейшее проявление жизнедеятельности – синтез белка и его регуляция, а, следовательно – регуляция экспрессии генов, может воспроизводиться и изучаться в простейших условиях на объектах и системах всё более примитивного уровня, вплоть до молекул: от активности *in vitro* полирибосом, выделенных методом дифференциального ультрацентрифугирования из проростков и созревающего зерна злаков, до качественных характеристик рРНК зрелого зерна [1]. Это открывает перспективу развития простых молекулярно-кинетических маркёров,

необходимых для проведения селекции сельскохозяйственных растений по одному из центральных признаков – взаимодействие «генотип-среда», определяющего норму (амплитуду) реакции растения на изменение условий внешней среды. Развитие исследований в этом направлении привело нас к выводу о целесообразности изучения долгоживущей РНК зрелых семян зерновых и зернобобовых культур. Оценка количества долгоживущей РНК в шроте зрелых семян нескольких десятков сортов озимой мягкой пшеницы модифицированным методом Шмидта и Тангаузера показала, что повышение морозостойкости сорта сопряжено с увеличением количества РНК в зрелом зерне и снижения количества катионов магния в золе шрота. При этом была обнаружена сортоспецифическая вариабельность в содержании РНК, ДНК и катионов магния, коррелирующая с морозостойкостью изученных сортов озимой мягкой пшеницы (коэффициенты корреляции для содержания РНК - +0,88, для ДНК - +0,80, для магния - -0,51) [1].

Таким образом, морозостойкость сортов озимой мягкой пшеницы прямо пропорциональна содержанию РНК и ДНК в зрелом зерне и обратно пропорциональна содержанию катионов магния. Слабоморозостойкие сорта также могут иметь высокое содержание РНК в зрелом зерне, но это наблюдается на фоне высокого содержания катионов магния, что определяет иные качественные характеристики РНК (таблица 1).

Таблица 1. Относительные величины содержания катионов магния (Mg^{++}), долгоживущей РНК и электрофоретической характеристики (25S/18S) её рРНК в зрелом зерне сортов озимой мягкой пшеницы, различающихся по морозостойкости, %

Сорта по мере снижения морозостойкости	Mg^{++} , в золе шрота	РНК, в шроте	25SpРНК/18SpРНК
Московская 39	100	100	100
Безостая 1	110±2	90±1	75±2
Немчиновская 24	122±3	95±2	63±1
Антониус	133±3	110±2	42±1

Исследования электрофоретического спектра рРНК зрелого зерна показали, что морозостойкость сортов озимой мягкой пшеницы прямо пропорциональна величине 25S/18S (таблица 1). Изменения в соотношении 25S/18S рРНК в основном связаны с варьированием в спектре количества 25S рРНК. Представленные в таблице 2 данные о содержании нуклеиновых кислот в зрелом зерне ржи, отличающейся наиболее высокой среди зерновых морозостойкостью, и ряда переходных к пшенице форм тритикале подтверждают прямо пропорциональную связь между количеством долгоживущей РНК в зрелом зерне и морозостойкостью культуры и сорта.

Выявленные особенности центральных элементов белоксинтезирующей системы являются основой для понимания молекулярных механизмов формирования морозостойкости озимой мягкой пшеницы и создания методов эффективной диагностики морозостойкости её сортов на основе дальнейших исследо-

ваний количественного и качественного состава долгоживущей рНК зрелого зерна.

Таблица 2. Содержание долгоживущих нуклеиновых кислот в шроте зрелого зерна ржи, тритикале и пшеницы (среднее из четырёх измерений) (мкг/мг)

Культура (сорт)	Происхождение	РНК	ДНК	РНК/ДНК
Рожь (Саратовская 7)		5,40	1,02	5,30
Тритикале (Валентин)	озимое тритикале X яровое тритикале	4,16	1,53	2,71
Тритикале (Хонгор)	тритикале X озимая мягкая пшеница	4,03	1,21	3,33
Тритикале (АД зелёный)	Твёрдая пшеница X рожь	3,55	1,02	3,48
Озимая мягкая пшеница (Половчанка)	с блоком 1В3, ответственным за адаптацию к стрессам	3,09	0,88	3,50

Литература:

1. Плотников В.К. Биология РНК зерновых культур / В.К. Плотников. – Краснодар: ЭДВИ, 2009. – 376 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗИСТОГО АППАРАТА И НАКОПЛЕНИЯ ЭФИРНОГО МАСЛА РАСТЕНИЯМИ МЯТЫ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ ПОД СВЕТОДИОДАМИ

Енина О.Л.¹, Кириченко Е.Б.¹, Олехнович Л.С.¹, Тараканов И.Г.², Бидюкова Г.Ф.¹, Бабоша А.В.¹, Смирнова И.М.¹

¹ УРАН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва,
E-mail: *evkir@list.ru*

² РГАУ - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева,
E-mail: *ivatar@yandex.ru*

АННОТАЦИЯ

Целью исследования являлась оценка перспективности применения светодиодных излучателей для культивирования в защищенном грунте растений - продуцентов физиологически активных соединений. Были испытаны три разновидности мяты, отличающиеся по хемотипу. Качество света влияло на формирование железистого аппарата, т. е. вызывало увеличение числа желез на один лист (одно растение) и изменение соотношения трех типов секреторных структур. В итоге, растения, выращенные под светодиодами (на красном и синем свете), продуцировали больше эфирного масла по сравнению с контрольными, выращенными на белом свете.

Разработка светодиодных излучателей для культивирования растений представляет большой научный и экономический интерес [1, 2]. Они могут быть использованы в промышленном защищенном грунте, ботанических оранжереях, камерах фитотронов, теплицах и парниках. Поэтому необходим анализ фотобиологических характеристик светодиодов и видовой специфики ответных реакций растений, культивируемых под светодиодами.

Целью исследования явилось определение отзывчивости растений мяты к радиационному режиму, созданному светодиодными излучателями.

Опыты выполнили на трёх, отличающихся по хемотипу интродуцируемых культиварах мяты: NV-74 (высокоментольный хемотип), ГБС 1-84 (ментольный хемотип) и ГБС-2-95 (линалоольный хемотип). Выбор объекта исследования был обусловлен значимостью мяты как лекарственного и эфиромасличного растения. Различное географическое происхождение культиваров (Вьетнам, Молдова и Франция) предопределило специфику их чувствительности к спектральному составу света.

Черенки опытных образцов были высажены в вегетационные сосуды, содержащие 5 кг почвенного субстрата. Культивирование проводили в фитотроне РГАУ-МСХА под установками светодиодных излучателей.

Схема опыта включала три варианта освещения:

1. Белый свет от люминесцентных ламп (контроль);
2. Светодиоды, излучающие при 420 и 620 нм соответственно в соотношении 25% к 75% (условно «красный свет»);
3. Светодиоды, излучающие при 420 и 660 нм соответственно в соотношении 25% к 75% (условно «синий цвет»).

Интенсивность света в варианте 180 мкмоль / (м²·с). Температура воздуха поддерживалась на уровне 26-28°С днем и 18-20°С ночью. Продолжительность фотопериода 18 ч. Благоприятные условия культивирования поддерживали регулярным поливом сосудов весовым методом. Растения анализировали в 2-х месячном возрасте.

Количество железа у одного листа (одного растения) и соотношение трех типов железа в листьях, соцветиях, стеблях и корневищах каждого сорта определили методом сканирующей электронной микроскопии. Выход эфирного масла в биомассе листьев и соцветий определили методом гидродистилляции.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой отзывчивости процессов роста и развития растений к качеству света. Спектральный состав света является действенным фактором регуляции генезиса железа, он изменяет количество железа на один лист и соотношение трех типов железа каждого органа. Растения, выращенные на красном свете, продуцировали наибольшее количество эфирного масла, на синем свете – среднее количество эфирного масла и на белом свете – наименьшее количество эфирного масла.

Представленные результаты на эфирносах получены впервые. Они показывают, что применение светодиодных излучателей в защищенном грунте перспективно для промышленной культуры продуцентов физиологически активных соединений. Мы полагаем, что выявленный нами ранее неизвестный эффект можно использовать для селекции новых сортов с повышенной способностью эфирного масла улучшенного качества.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ОБН РАН (Программа: «Биологические ресурсы России: фундаментальные основы оценки состояния и мониторинга»).

Литература:

1. Кириченко Е.Б. II Международный Форум по нанотехнологиям: передний край нанобиологических исследований // Бюллетень Общества физиологов растений России. - 2009. - №20. - С. 17-20.

2. Кириченко Е.Б. II Международный Форум по нанотехнологиям: у истоков нанобиологии высших растений // Информационный бюллетень Совета ботанических садов России и Беларуси. - 2010.- Вып. 20. - С. 70-73.

РЕАКЦИИ ТРАНСГЕННЫХ РАСТЕНИЙ ТАБАКА С ГЕНОМ *hmg1* НА БИОТИЧЕСКИЙ И АБИОТИЧЕСКИЙ СТРЕССЫ

Ермошин А.А.*, Алексеева В.В.*, Малёва М.Г.*, Чукина Н.В.*,
Киселёва И.С.*, Рукавцова Е.Б.***, Бурьянов Я.И.*****

*Уральский государственный университет им. А.М. Горького; пр. Ленина, 51,
620000 г. Екатеринбург, тел.:(343)2616685

**Филиал Учреждения РАН Института биоорганической химии им. академик
М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова; пр. Науки, 6, 142290 Пущино,
тел.:(4967)330970, факс:8(4967)-33-05-27

E-mail: *ermosh@el.ru, lera@fibkh.serpukhov.su*

Рост и развитие растений протекают в постоянном взаимодействии с неблагоприятными факторами окружающей среды, вызывающими у растений состояние стресса. Принято выделять два типа стрессов - биотический и абиотический, приводящих к окислительному стрессу внутри клеток и тканей растений. Изучение реакций растений при действии стрессовых факторов необходимо для понимания механизмов устойчивости растений, а также для создания трансгенных растений с повышенной устойчивостью к стрессам разной природы.

Целью наших исследований был сравнительный анализ реакций контрольных и трансгенных растений табака с геном *hmg1* на биотический стресс, вызванный фитопатогеном *Pseudomonas syringae*, и на абиотические стрессы, вызванные ионами меди или паракватом. Ген *hmg1* является ключевым геном мевалонатного пути биосинтеза изопреноидных соединений в цитоплазме и отвечает за образование мевалоновой кислоты [1]. Мевалоновая кислота служит предшественником таких изопреноидов, как брассиностероиды, стерины мембран, цитокинины и фитоалексины, играющие важную роль в формировании устойчивости растений [2].

Работа выполнена на полученных нами ранее трансгенных растениях табака *Nicotiana tabacum* L. сорта Самсун, экспрессирующих гетерологичный ген *hmg1* под контролем конститутивного двойного промотора CaMV 35SS (*hmg1*-растения) [3]. Растения выращивали на станции искусственного климата «Биотрон» в течение двух месяцев. Листовые диски растений обрабатывали культурой *Ps. syringae* (1×10^9 клеток/мл, 48 ч) или ионами меди (100 мкМ, 24 ч), или гербицидом паракватом (1 мкМ, 5 ч в темноте/16 ч на свету). После стресса определяли уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ), активности ферментов - супероксиддисмутазы (СОД) и пероксидазы, а также содержание пролина. В качестве контроля экспланты инкубировали в тех же условиях на воде.

Сравнительный анализ уровня ПОЛ показал его значительное возрастание под действием всех видов исследованных стрессов в контрольных растениях в отличие от *hmg1*-растений (таблица). Эти данные свидетельствуют о том, что контрольные растения находились в состоянии окислительного стресса при действии как патогена, так и растворов меди и параквата, тогда как в *hmg1*-растениях происходила детоксикация активных форм кислорода (АФК) с помощью СОД и пероксидазы. В то же время в контрольных растениях табака в результате стресса уровень АФК превышал их физиологический уровень и активность антиоксидантных ферментов подавлялась (СОД – в случае обоих стрессов, пероксидазы – при абиотическом стрессе).

Значительный рост активности пероксидазы при биотическом стрессе можно объяснить участием пероксидазы в образовании лигнина и укреплении клеточной стенки, что создает дополнительный барьер для проникновения патогенов.

При биотическом стрессе большую роль в стабилизации цитоплазмы играет пролин, тогда как при защите от действия ионов меди и параквата его роль, скорее всего, незначительна. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что ионы меди вызывают более сильный окислительный стресс, чем *Ps. syringae*. При этом растения реагировали по-разному на разные виды стресса – на биотический стресс за счёт активации пероксидаз и синтеза пролина, стресс же ионами меди превышал норму реакции растения и подавлял работу большинства из исследованных антиоксидантных механизмов.

Влияние *Ps. syringae*, ионов меди и параквата на показатели стресса

Показатель стресса	<i>Pseudomonas syringae</i>		Медь		Паракват	
	N-растения	<i>hmg1</i> -растения	N-растения	<i>hmg1</i> -растения	N-растения	<i>hmg1</i> -растения
ПОЛ	169	106	286	62	167	109
СОД	59	226	91	128	-	-
Пероксидаза	133	151	85	108	72	92
Пролин	157	346	125	64	102	107

N-растения – контрольные (нетрансгенные) растения табака, *hmg1*-растения – трансгенные растения табака с геном *hmg1*. Данные представлены в процентах от уровня контроля на воде (100%).

Таким образом, трансгенные растения с геном *hmg1* оказались более устойчивы к фитопатогену *Ps. syringae*, действию ионов меди и параквату, чем контрольные. Это может быть связано с изменением в них уровня гормонов брассиностероидов и цитокининов, а также с накоплением изопреноидных фитоалексинов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 09-04-00980, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» № П2364 и гранта Президента России МК 881.2010.4.

Литература:

1. Newman J.D., Chappell J. Isoprenoid biosynthesis in plants: carbon partitioning withing the cytoplasmic pathway // Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol. - 1999. - V. 34. - P. 95-106.

2. Chappell J. Biochemistry and molecular biology of the isoprenoid biosynthetic pathway in plants // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. - 1995. - V. 46. - P. 521-547.

3. Поройко В.А., Рукавцова Е.Б., Орлова И.В., Бурьянов Я.И. Фенотипические изменения трансгенных растений табака с антисмысловой формой гена *hmg1* // Генетика. - 2000. - Т. 36. - С. 1200-1205.

ВЛИЯНИЕ ЗАСУХИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОДУКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА КУЛЬТУРНЫХ ВИДОВ ОВСА В СРАВНЕНИИ С ДИКОРАСТУЩИМИ

Influence of the drought on indicators of productivity and quality of grain of cultivated species in comparison with the wild oats

Зейслер Н.А., Бахтенко Е.Ю.

ГОУ ВПО Вологодский государственный педагогический университет,
ул.С. Орлова, 6, 160035, Вологда, тел. (8172)769196
E-mail: bakhtenko@yandex.ru, zejsler@yandex.ru

Овес – одна из основных и наиболее распространенных зерновых культур в мировом земледелии. Зерно овса отличается высокой питательной ценностью. Для повышения валового сбора зерна без изменения посевных площадей создают новые высокоурожайные сорта с высокой кормовой и пищевой ценностью. Особое внимание уделяется использованию образцов из коллекции ВНИИР им. Н.И. Вавилова. При оценке селекционных линий важно учитывать не только высокую продуктивность растений, но и ее стабильность в меняющихся условиях окружающей среды (Лоскутов, 2007; Баталова, 2008).

Объектами исследования являлись виды овса из коллекции ВНИИР им. Н.И. Вавилова: *A. sativa* L. s. *Borrus* (42 pl), *A. byzantina* C. Koch. (42 pl), *A. fatua* L. (42 pl), *A. strigosa* Schreb. (14 pl). Растения выращивали методом почвенных культур в сосудах объемом 10 л. Засуху создавали в фазу кущения путем прекращения полива и поддерживали в течение 10 дней. В фазу восковой спелости определяли озерненность, массу зерна и массу 1000 зерен с растения, сухую массу главных и боковых побегов. Биохимический анализ зерна проводили с помощью инфракрасного анализатора NirlabN 200 (Франция). Всего было поставлено 5 вегетационных опытов.

Установлено, что высокая зерновая продуктивность характерна для сортов *A. sativa* и *A. byzantine*. Биологическая продуктивность, которую оценивают по количеству сформировавшейся общей биомассы растения, выше у сорно-полевого вида *A. fatua*. При этом величина урожая у *A. sativa* в большей степени определяется главными побегами, у *A. strigosa* – боковыми. Под действием перенесенной засухи биологическая продуктивность у всех видов овса снижается: *A. sativa* – на 33,2 %, *A. strigosa* – на 18,9 %, *A. byzantina* – на 15,0 %, *A. fatua* - на 9,9 % (таблица).

Однако степень изменения зерновой продуктивности у видов различается. У *A. sativa* и *A. byzantina* урожай зерна уменьшается соответственно на 21,9 и 11,0 % за счет снижения количества зерен. У *A. fatua* и *A. strigosa* отмечено да-

же некоторое увеличение зерновой продуктивности, что связано у *A. fatua* с размером зерен, а у *A. strigosa* – с озерненностью. При действии засухи изменяется вклад главных и боковых побегов в продуктивность растения. Так, у *A. strigosa* возрастает роль главных побегов.

Таблица

Изменение структуры урожая при недостаточной влагообеспеченности

Показатели	Вариант	<i>A. sativa</i>	<i>A. byzantina</i>	<i>A. fatua</i>	<i>A. strigosa</i>
Масса зерна с растения, г	Контроль	2,60±0,31	2,10±0,27	1,47±0,15	1,25±0,07
	Засуха	2,03±0,23	1,87±0,31	1,63±0,18	1,31±0,16
Число зерен с растения, шт.	Контроль	71±12	54±9	69±8	87±12
	Засуха	54±8	50±10	67±11	97±13
Масса 1000 зерен, г	Контроль	36,62±1,51	38,89±2,19	21,30±1,39	14,37±1,46
	Засуха	37,59±3,18	37,40±4,05	24,33±2,03	13,57±0,96
Сухая масса растения, г	Контроль	5,79±0,95	5,54±0,24	6,44±0,57	5,03±0,32
	Засуха	3,94±0,47	4,71±0,53	5,8±0,30	4,18±0,25

Для оценки качества зерна проводили биохимический анализ. Наибольшие отличия между образцами были выявлены по таким показателям, как сырой жир, сырая клетчатка, сахар и крахмал. Так, наибольшее содержание сырого жира установлено у сорно-полевого вида *A. fatua*, наименьшее содержание клетчатки – у *A. byzantina*. Количество сырого протеина на сухое вещество в пленчатом зерне одинаково для всех образцов. При действии засухи наблюдалось снижение всех биохимических показателей у сорта *Borrus*. В меньшей степени химический состав зерна изменялся у *A. strigosa*.

Таким образом, исследуемые образцы отличаются по продуктивности, качеству зерна и устойчивости к почвенной засухе.

НОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О МЕХАНИЗМАХ ФОТОСИНТЕЗА У РАСТЕНИЙ (по данным об изотопном составе углерода)

New conception on the mechanisms of the photosynthesis in plants

А.А.Ивлев

Российский государственный аграрный университет – «МСХА им. К.А. Тимирязева»; ул. Тимирязевская 49, 127550 Москва, тел.: (495) 9761628, факс: (095) 976-2910; E-mail: aa.ivlev@list.ru

Изотопный анализ стал рутинным методом исследования физиологии и биохимии растений. Однако эффективность использования изотопных данных во многом зависит от выбора физически обоснованной модели изотопного фракционирования.

Из литературы известны два типа моделей фотосинтеза – стационарные и осцилляционные. Первые рассматривают метаболические процессы и сопряженные с ними процессы изотопного фракционирования как не зависящие от времени [1,2]. Соответственно независимыми от времени будут и изотопные различия углерода биомассы фракций и метаболитов, а также изотопные рисунки молекул. Модели второго типа рассматривают метаболические процессы как колебательные, а клетку как систему, функционирующую в режиме исчер-

пывания/заполнения фондов субстратов [3,4]. Изотопные различия метаболитов и их узоры определяются последовательностью их синтеза в клеточном цикле (временной организацией) и маршрутами метаболических превращений.

Последовательность синтеза метаболитов в рамках осцилляционной модели описывается эффектом Релея, который связывает изотопный состав метаболитов и их рисунки со степенью исчерпывания фонда субстрата.

Рассмотрим в рамках осцилляционной модели, что представляет собой механизм фотосинтеза. Мы утверждаем, что фотосинтез является осцилляционным процессом, состоящим из фазы ассимиляции CO_2 и фазы фотодыхания [4]. Переключения с одной функции на другую происходят благодаря способности рубиско функционировать как карбоксилаза, и как оксигеназа в зависимости от соотношения CO_2/O_2 в клетке. Для обоснования утверждения, мы провели модельный расчет системы, включающей концентрации CO_2 и O_2 , конкурирующие за активные центры фермента, и концентрацию РиБФ, имитирующего сахара [5]. Наряду с химическими реакциями с участием перечисленных субстратов, учитывали диффузионный отток сахаров. Такая система описывается тремя дифференциальными уравнениями, решение которых указывает на принципиальную возможность существования незатухающих колебаний концентраций CO_2 и O_2 с периодом от долей секунды до секунд в зависимости от выбранных клеточных параметров. Причем концентрации CO_2 и O_2 колеблются в противофазе, вызывая таким образом переключения рубиско. Как изотопные данные подтверждают предсказания модели?

Модель изотопного фракционирования соответствующая осцилляционной модели фотосинтеза говорит о том, что в каждой из фаз фотосинтетических осцилляций возникает изотопный эффект. В фазу ассимиляции CO_2 (карбоксилазная фаза рубиско) изотопный эффект возникает в реакции ферментативного карбоксилирования РиБФ и приводит к обогащению фиксированного углерода (биомассы) изотопом ^{12}C относительно CO_2 среды, а также к образованию углеводного фонда (крахмала), обогащенного ^{12}C . В фазу фотодыхания (оксигеназная фаза рубиско) изотопный эффект возникает в реакции ферментативного декарбоксилирования глицина. Итогом этого эффекта, сопряженного с многократным прохождением потока по фотодыхательной петле, является снижение обогащения биомассы изотопом ^{12}C и образование лабильного углеводного фонда, обогащенного ^{13}C относительно фонда крахмала, образуемого в карбоксилазной фазе. Субстраты фондов используются для нужд клетки в соответствии со строгой временной последовательностью.

Модель объясняет следующие экспериментальные факты [4,6]:

- Существование двух изотопноразличающихся генетически связанных потоков метаболитов, обусловленных наличием изотопных эффектов ассимиляции и фотодыхания и двух углеводных фондов;
- Появление внутримолекулярной изотопной неоднородности, обусловленной участием в синтезе ряда сложных молекул субстратов, принадлежащих двум изотопноразличающимся потокам;

- Обогащенность изотопом ^{12}C автотрофных органов растений (листьев, хвои) относительно гетеротрофных органов (семян, корней, ветвей);
- Изотопную неоднородность глюкозы углерода крахмала запасующих органов;
- Аномально обогащенный тяжелым изотопом ^{13}C углекислый газ светоиндуцированного темнового дыхания (LEDR);
- Отрицательную корреляцию между изменениями изотопного состава углерода и кислорода биомассы и ее фракций.

Кроме перечисленных, модель подтверждается другими изотопными и не-изотопными фактами [6]. Если признать, что осцилляционная модель и соответствующая ей модель изотопного фракционирования углерода близки к реальным, то изотопные данные можно использовать как тонкий инструмент исследования временной организации метаболических процессов в растениях, образования метаболических фондов и транспорта ассимилятов.

Литература:

1. Farquhar G.D., O'Leary M.H., Berry J.A. // Aust. J. Plant Physiol. - 1982. - V. 9. - P. 121-137.
2. Vogel J.C. // Stable isotopes and plant carbon - water relations / Eds Ehleringer J.R., Hall A.E., Farquhar G.D. San Diego - Boston, 1993. - P.29-46.
3. Ivlev A.A., Igamberdiev A.Y., Dubinsky A.Yu. // Biophysics. - 2004. - V.49. Suppl. 1. - P. 3 - 16.
4. Ивлев А.А. Изотопные эффекты углерода и клеточные механизмы углеродного метаболизма в фотосинтезирующей клетке. - М.: РГАУ – МСХА. 2008. - 74с.
5. Dubinsky A.Yu., Ivlev A.A. // Bioscience 2010. (in press).
6. Ивлев А.А. // Изв. РАН. Серия биол. - 2010.- №3. - С. 261-270.

ДЕЙСТВИЕ ЦИТОКИНИНА НА РОСТ, ФОТОСИНТЕЗ И ДЫХАНИЕ КАК СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА У РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ *Zea mays* L.

Калинина Е.А., Роньжина Е.С.

ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»; Советский пр., 1, 236000 г. Калининград, тел.: (4012)995964, факс: (4012)916846

E-mail: ron-box@mai.ru, ron-box@rambler.ru, amelija@mail.ru

Одним из эффективных приемов управления физиолого-биохимическими процессами в растениях является применение фиторегуляторов - синтетических аналогов природных фитогормонов. Для управления продуктивностью сельскохозяйственных культур наиболее перспективными являются препараты с цитокининовой активностью. Известно, что цитокинины влияют на целый комплекс физиологических и биохимических программ, оказывая существенные положительные эффекты на важнейшие процессы, определяющие продуктивность растений, такие как рост, фотосинтез, метаболизм и транспорт ассимилятов и др. . Однако возможность управления ростом, функционированием и про-

дуктивностью интактных растений с помощью цитокининов до сих пор ставится под сомнение в силу целого ряда причин, основными из которых являются недостаточно высокая чувствительность органов интактного растения к экзогенным препаратам из-за высокого уровня эндогенных цитокининов в растительных тканях, а также влияние со стороны других органов в единой донорно-акцепторной системе.

Поэтому настоящая работа посвящена изучению действия цитокинина 6-бензиламинопурина (БАП) на интегральные физиологические характеристики - рост, фотосинтетическую и дыхательную функцию вегетативных надземных органов растений кукурузы и изучение возможности повышения продуктивности этой культуры.

Для анализа действия цитокинина растения кукурузы (*Zea mays* L., районированный гибрид СТК-189 МВ) выращивали в условиях полевого мелкоделяночного опыта. Надземную часть опытных растений в фазы всходов, выбрасывания метелки и цветения початков опрыскивали водным 10^{-4} М раствором БАП (оптимальную концентрацию подбирали предварительно). Анализ физиолого-биохимических параметров проводили в течение всего онтогенеза, продуктивность растений оценивали по урожаю зеленой массы в фазу молочно-восковой спелости, согласно ГОСТ 13634-90.

Проведенные эксперименты показали, что БАП оказывает позитивное комплексное влияние на растения. Так, трехкратная обработка надземной части растений в течение онтогенеза приводила к удлинению и утолщению стебля на 15-20%. Рост листьев также был стимулирован цитокинином. Это проявлялось в увеличении толщины, УППЛ, площади каждого отдельного листа и ассимиляционного потенциала (суммарной листовой поверхности) растений в целом. Изменялась и мезоструктура: в 1,4 раза увеличивалось число клеток в листе, вероятно за счет активации клеточных делений, в 1,6 раза возрастал объем клеток мезофилла. Цитокинин активировал репликацию пластид, количество хлоропластов в клетках хлоренхимы листа увеличивалось, появлялись новые фракции клеток с увеличенным до 120-155 количеством хлоропластов, отсутствовавшие у необработанных растений. Позитивное действие БАП на фотосинтетический аппарат выражалось также в увеличении почти вдвое содержания фотосинтетических пигментов - хлорофиллов и каротиноидов в листьях. Эти результаты свидетельствовали о потенциально более эффективном поглощении и преобразовании энергии ФАР обработанными растениями и позитивном влиянии цитокинина на фотосинтез растений кукурузы. Действительно, интенсивность фотосинтеза обработанных БАП растений увеличивалась в 1,6 раза. Обработка цитокинином активировала и темновое дыхание, интенсивность которого увеличивалась в 1,5 раз. Очевидно, тем самым улучшалось субстратное и энергетическое обеспечение ростовых процессов. При этом стимуляция фотосинтеза была существенно сильнее, чем дыхания, в силу чего БАП увеличивал отношение фотосинтез/дыхание. При оценке же эффективности функционирования листового аппарата было обнаружено 1,5-кратное увеличение под действием БАП чистой продуктивности фотосинтеза. Это позволило предполагать,

что с помощью этого препарата можно повысить накопление органической массы растений. Действительно, обработка цитокинином надземных органов увеличивала урожай зеленой массы кукурузы на 12-14%. В целом, полученные результаты свидетельствовали о потенциальной возможности применения регуляторов роста цитокининовой природы в технологии выращивания кукурузы для повышения ее продуктивности.

ОСОБЕННОСТИ БИОГЕНЕЗА СЕКРЕТОРНОГО АППАРАТА И ПРОДУЦИРОВАНИЯ ЭФИРНОГО МАСЛА РАСТЕНИЯМИ РАЗНЫХ ВИДОВ МЕНТНА L.: ЭФФЕКТ КАЧЕСТВА СВЕТА

**Кириченко Е.Б.¹, Кренделева Т.Е.², Кукарских Г.П.², Курилов Д.В.³,
Олехнович Л.С.¹, Бидюкова Г.Ф.¹, Тараканов И.Г.⁴, Енина О.Л.¹,
Смирнова И.М.¹**

¹УРАН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва.

E-mail: *evkir@list.ru*

²Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова,
gkukarsk@mail.ru

³УРАН Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН,
kur_dv@mail.ru

⁴Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева,
ivatar@yandex.ru

Мята является важнейшим лекарственным и эфиромасличным растением. Её domestикация была начата ещё в доисторические времена и с тех пор мята находилась в сфере внимания человека. Классификация и оценка биологических свойств различных видов мят природной флоры была дана в минувшем XX столетии [1-4]. В течение последнего десятилетия к сообществу стран традиционно развивавших промышленное воспроизводство лекарственных и эфиромасличных растений присоединилось много новых стран на разных континентах. В этих условиях новый импульс получили исследования продукционного процесса, селекция сортов в целях улучшения качества эфирного масла и повышения экономического эффекта от мятного производства [1,2,4]. В нашей стране, начиная с девяностых годов прошлого века изучение и практическое освоение биологического потенциала рода *Mentha* L. сократилось до минимума, поэтому теперь стоит задача восстановления и обогащения генофонда ценных видов и разработка физиолого-биохимических основ продукционного процесса интродуцируемых сортов и форм мяты.

У растений эфирноносных продукционные свойства детерминированы генотипом и зависят, прежде всего, от специфики железистого аппарата. Железистый аппарат мят характеризуется родовой специфичностью и представлен тремя типами секреторных структур: десятиклеточными и двуклеточными железами и секреторными волосками. Степень развития железистого аппарата является ведущим фактором, определяющим уровень продуцирования эфирных масел. Мята в центральных областях европейской части России имеет двух-трёхгодичный цикл культивирования. Поэтому продукционный процесс и

компонентный состав эфирного масла перспективных для промышленного возделывания образцов целесообразно оценивать за первые два года вегетации [1-8].

Исходя из изложенного, целью настоящей работы являлось сравнительное исследование особенностей формирования железистого аппарата и продуцирования эфирных масел в листьях и соцветиях побегов I и II года вегетации различных видов мят. Главное внимание было уделено изучению роли светового режима, спектрального состава света как факторам, предопределяющим и контролирующим формирование ассимиляционных систем, биогенез железистого аппарата и накопление эфирных масел.

Объектами исследования были побеги I и II года вегетации сорта Краснодарская 2, форм ГБС 1-84 и ГБС 2-96 (относящиеся к мяте перечной) и сорта NV 74 (относящийся к мяте полевой). Растения выращивали в фитотроне и на экспериментальном участке ЛФиБР ГБС РАН. Кинетику световой индукции флуоресценции с высоким временным разрешением регистрировали с помощью РЕА-флуориметра (Hansatech, King's Lynn, Norfolk, UK). Надземную часть растений срезали в фазе бутонизации и высушивали при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния. Эфирное масло листьев и соцветий получали методом гидродистилляции [9]. Компонентный состав образцов эфирного масла листьев и соцветий исследовали методом хромато-масс-спектрометрии с использованием прибора фирмы Agilent Technologies [6]. Идентификацию компонентного состава проводили по библиотеке полных масс-спектров NIST-05 и соответствующим индексам Ковача. Количественный анализ проводили вычислением соотношения площадей хроматографических пиков по полному ионному току (методом простой нормировки).

В результате многолетних работ в лаборатории физиологии и биохимии растений ГБС РАН была создана коллекция видов мят, представленная 40 сортами отечественной и зарубежной селекции и дикорастущими формами из природной флоры. В опытах под светодиодами с различными режимами качества света показано, что эффективность ФС 2 в поглощении световой энергии и её использовании в ходе электронного транспорта выше в хлоропластах листьев мяты, выращенной на красном, и ещё в большей степени на синем свете по сравнению с хлоропластами листьев, сформировавшимися на белом свете. Мы изучили особенности морфогенеза растений в годичном цикле и основные факторы, определяющие количественный выход эфирного масла у испытуемых продуцентов. Определили динамику накопления эфирного масла по фазам вегетации растений и роль железистого аппарата в реализации продукционного процесса. Выявили ключевую роль температуры и спектрального качества света в формировании секреторных желёз. С помощью хромато-масс-спектрометрии детектировали и идентифицировали более 70 компонентов эфирного масла мят. Из этого состава компонентов выбраны 18 наиболее репрезентативных компонентов и их суммарное содержание принято за 100%. Сравнение композиции восемнадцати компонентов у побегов I и II года вегетации показало тенденцию увеличения содержания ментола (с ментил ацетатом) и ментона у

сортов Краснодарская 2, NV 74 и ГБС 2-96, и линалоола (с линалилацетатом) у сорта ГБС 1-84 на втором году вегетации растений по сравнению с первым годом вегетации. Дана оценка перспективности освоения изученных форм мяты в качестве продуцентов ментола и линалоола. Из полученных данных вытекают следующие выводы:

1. Сортовая специфика мят проявляется в особенностях реакции железистого аппарата на условия освещения, что может определять уровень выхода эфирного масла. 2. Видовая специфика мят проявляется в принадлежности к хемотипам (ментольный, ментоно-ментольный, линалоольный). 3. Железистый аппарат мят состоит из 3 типов секреторных структур, в этом проявляется его родовая специфика.

Работа выполнена при финансовой поддержке ОБН РАН (Программа «Биоресурсы России: фундаментальные основы оценки состояния и мониторинг»).

Литература:

1. Кириченко Е.Б., Бидюкова Г.Ф., Кондратьева В.В., Воронкова Т.В., Лыу Дам Кы, Бугаенко Л.А. // Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами. - М.: «КМК Товарищество научных изданий», 2005. - С.418-428.

2. Кириченко Е.Б. Экофизиология мяты: продукционный процесс и адаптационный потенциал. - М.: Наука. 2008.-140с.

3. Макаров В.В. Дикорастущие мяты СССР // Дисс...канд. биол. наук. М.1972. - 179 с.

4. Lawrence V.M. Mint: the genus *Mentha* // *Med. and Aromatic Plants – Industr. Projects.* - 2006. - Vol. 44. - 556 p.

5. Курилов Д.В., Кириченко Е.Б., Бидюкова Г.Ф., Олехнович Л.С., Лыу Дам Кы. // Доклады Академии наук. - 2009. - Т.429. - №4. - С. 568 - 570.

8. Kirichenko E.B., Kurilov D.V., Orlova Yu.V. et al. 2nd International Congress-Partnering & Exhibition Eurasia-Bio 2010 on Biotechnology and Bioenergy. Ed. by Russian Biotechnology Society. – М, 2010. - P. 288-289.

9. Гинзберг А.С. Химико-фармацевтическая промышленность // 1932. - № 8/9 - С. 326-329.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПРЕПАРАТОМ СИЛК ПО ПРОДУКТИВНОСТИ ОГУРЦА В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

Efficiency of Silk preparation treatment upon cucumber productivity in open soil

Колмыкова Т.С., Доронина Е.В., Лукаткин А.С.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им Н.П. Огарева»; ул. Большевистская 68, 430005 Саранск, тел.: (8342)322507, факс: 98342)324554

E-mail: tskolmykova@yandex.ru

В настоящее время создаются новые регуляторы роста растений, отвечающие нормам экологической безопасности; они одновременно способны стимулировать ростовые и генеративные процессы растений и повышать их адаптационные возможности в неблагоприятных условиях среды. Одним из них явля-

ется препарат Силк, в состав которого входит экстракт хвои лиственницы, действующим веществом является абиебиновая кислота. Целью исследования было изучение влияния способов обработки препаратом Силк (предпосевная и опрыскивания растений) на морфофизиологические показатели и продуктивность огурца.

Семена огурца (*Cucumis sativus* L. сорт Изящный) обрабатывали растворами препарата Силк в концентрациях 10^{-6} % или 10^{-7} % в течение 8–10 часов. По прошествии времени экспозиции семена промывали и высаживали в открытый грунт. При наступлении фазы 5-и настоящих листьев производили внекорневую обработку путем опрыскивания растений препаратом. Для варианта с предпосевной обработкой препаратом в концентрации 10^{-6} % использовали раствор с концентрацией 10^{-3} % (10^{-6} % + 10^{-3} %); для варианта с концентрацией 10^{-7} % – 10^{-4} % (10^{-7} % + 10^{-4} %). В течение вегетационного периода у растений определяли высоту стебля, площадь 1-го листа, сырую и сухую массу побегов и корней, количество мужских и женских цветков, продуктивность (по количеству и массе плодов). Контролем служили растения, выращенные без обработок изучаемым препаратом.

Выявлено, что стимулирующее влияние на высоту надземной части растений препарат оказал в более низкой концентрации – 10^{-7} %, значения в этом варианте превысили контрольные на 33 %. Более высокая концентрация не была эффективной (табл. 1).

Таблица 1

Влияние препарата Силк на ростовые параметры огурца в фазе 3-х листьев

Показатель	Контроль (без обработки)	Предпосевная обработка 10^{-6} %	Предпосевная обработка 10^{-7} %
Высота стебля, см	10,6±1,74	10,4±2,03	14,1±1,50
Площадь одного листа, см ²	33,7±0,21	41,1±1,45	50,9±2,26
Сырая масса побегов, г	7,9±0,20	10,3±0,41	13,0±0,41
Сухая масса побегов, г	0,57±0,02	0,74±0,04	0,95±0,04
Сырая масса корней, г	0,62±0,05	1,30±0,03	1,50±0,03
Сухая масса корней, г	0,14±0,01	0,20±0,09	0,17±0,01

Однако все исследованные концентрации Силка оказали стимулирующий эффект на площадь листа, в более сильной степени концентрация 10^{-7} % (увеличение на 51 % к контролю). Сходная картина обнаружена при определении сырой и сухой массы надземной части растений: все варианты концентрации повышали массу, но в большей степени концентрация 10^{-7} %. Наиболее значительное стимулирующее действие препарат оказал на увеличение сырой массы корней: в концентрации 10^{-6} % Силк увеличивал этот показатель в 2 раза, а в концентрации 10^{-7} % – почти в 2,5 раза. При определении сухой массы корней стимуляция по сравнению с контролем была выражена слабее, чем по сырой массе: на 43 и 21 % при концентрациях 10^{-6} и 10^{-7} %, соответственно. Отсюда можно предположить, что обработка семян препаратом Силк способствовала обводнению клеток и тканей корней, стимулируя тем самым рост и увеличение всасывающей поверхности.

Предпосевная обработка семян препаратом Силк в сочетании с опрыскиванием способствовала увеличению общего количества цветков на побеге по сравнению с контролем. При действии высоких концентраций количество цветков превысило контрольный вариант на 25 %, при низких – на 47 % (табл. 2). Причем обе используемые концентрации изменяли соотношение в сторону увеличения женских цветков.

Таблица 2

Влияние препарата Силк на параметры продуктивности растений огурца

Показатель	Контроль (без обработки)	Обработки $10^{-6}\% + 10^{-3}\%$	Обработки $10^{-7}\% + 10^{-4}\%$
Кол-во цветков на растении, муж/жен	21/32	23/43	24/54
Кол-во плодов, шт/ растение	32	40	52
Продуктивность растений, г / растение	1854	2230	2847

Самое больше количество женских цветков зафиксировали при обработке препаратом в концентрациях $10^{-7} + 10^{-4}\%$. Соответственно этот факт повлиял на увеличение количества плодов. У обработанных регулятором растений огурца увеличивалась продуктивность, но не за счет увеличения массы плодов, а за счет увеличения их количества. Применение препарата в концентрациях $10^{-6}\% + 10^{-3}\%$ повысило продуктивность культуры по сравнению с контролем на 20 %, а в концентрациях $10^{-7} + 10^{-4}\%$ – на 54 %.

Таким образом, предпосевная обработка препаратом Силк оказала стимулирующее действие на рост огурца, более эффективной оказалась низкая концентрация $10^{-7}\%$. Предпосевная обработка регулятором с последующим опрыскиванием растений позволила существенно повысить продуктивность огурца. Более эффективными оказались низкие концентрации – $10^{-7}\%$ (обработка семян) + $10^{-4}\%$ (обработка растений).

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства по образованию (АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.1/624).

ОБ УЛУЧШЕНИИ СОТРУДНИЧЕСТВА МЕЖДУ ФИЗИОЛОГАМИ И АГРОНОМАМИ ПО ПРАКТИЧЕСКОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Коломейченко В.В., Наконечный А.Г., Дегтярева С.И.

Орловский государственный агроуниверситет, Россия, Орел, 302028, ул. Генерала Родина, 69, тел./факс (4862)45-46-99. E-mail: *deneb24@front.ru*

Теория фотосинтетической продуктивности, разработанная А.А. Ничипоровичем и А.Т. Мокроносковым во второй половине XX в., оказала положительное влияние на значительное улучшение сотрудничества и координации между физиологами и агрономами. При конструировании севооборотов и агроландшафтов в современной земледелии большое внимание должно уделяться энергетическим коэффициентам, которые дают возможность сравнивать

продукционные процессы природных и культурных фитоценозов. По нашему мнению, для этой цели следует применять три таких показателя: а) коэффициент использования ФАР во времени (K_v), характеризующий ее долю от падающей за потенциально возможный вегетационный период (ПВВП) в данной зоне или провинции; б) коэффициент аккумуляции ФАР в пространстве (K_n), т.е. общепринятый сейчас КПД ФАР; в) коэффициент биоэнергетической эффективности (K_6), который показывает отношение обменной энергии, накопленной в хозяйственном урожае, к антропогенной, затраченной на его выращивание и уборку.

На основании наших многолетних исследований и литературных данных было установлено, что максимальное использование ФАР во времени (100 %) в лесной и лесостепной зонах может быть у высокопродуктивных природных фитоценозов (луга, леса, болота), так как начало и окончание вегетации растений в них происходит при переходе среднесуточной температуры воздуха весной и осенью примерно через +5 °С или даже ниже. В степной, сухостепной и полупустынной зонах России K_v может достигать 100 % только при оптимальном увлажнении (поймы, лиманы, орошаемые земли).

В то же время период вегетации однолетних культур намного меньше ПВВП, так как значительная часть времени тратится на подготовку почвы до посева и после уборки урожая. На основании многолетних исследований нами установлено, что K_v возрастает по мере увеличения продолжительности вегетации любой культуры. Например, в условиях Среднерусской лесостепной провинции однолетние культуры имели следующие K_v (%): сахарная и кормовая свекла 70 - 74; озимые зерновые - 65; кормовые растения на силос - 62; ранние зерновые - 59; горох - 55; картофель - 45; вика + овес на сено - 44; озимые на зеленый корм - 30. Еще хуже используется ФАР во времени при выращивании озимых зерновых культур по чистым парам (в год посева K_v составил только 12 % для пшеницы и 15% для ржи). Если озимая пшеница размещалась в севообороте по чистому пару, то K_v за два года был равен всего лишь 77%, то есть недоиспользование ФАР составило 23%. Для озимой ржи, возделываемой по однолетним травам, общий K_v в сумме за 2 года составил 125% (в том числе в первый год – 60% и во второй – 65%), то есть недоиспользование ФАР было 75%. По нашим расчетам, средневзвешенный K_v для однолетних культур, возделываемых в Среднерусской лесостепной провинции, получился 54%, то есть недоиспользование ФАР составило 46%. Таким образом, земледелие, направленное на получение одного урожая в год, с энергетической точки зрения является очень примитивным. Значительному повышению использования ФАР во времени (до 75-85 %) способствует увеличение доли многолетних трав и промежуточных посевов в структуре посевных площадей.

Моделью идеального культурного ландшафта с гармоничным сочетанием угодий для лесостепи может служить Центрально-Черноземный биосферный заповедник, где леса и луговые степи занимают по 50 %, а пахотные земли совсем отсутствуют; K_v здесь достигает 100 %.

В то же время в окружающих областях лесостепной и степной зон доля пашни в структуре сельхозугодий превышает 80 %. М.Н. Лопырев (1995) предложил следующую классификацию культурных ландшафтов для Центрального Черноземья (лесостепь и степь) в зависимости от распаханности территории (%): 1 - сильно разрушающийся (более 70); 2 - разрушающийся (70); 3 - неустойчивый (60); 4 - порогоустойчивый (50); 5 - слабоустойчивый (40); 6 - среднеустойчивый (35); 7 - устойчивый (30); 8 - высокоустойчивый (25); 9 - экологически уравновешенный (менее 20). По нашим расчетам, K_v для этих культурных ландшафтов соответственно составляет 54-67,68 - 71,72-76, 77- 81, 82-83, 84-85, 86-88, 89-92, 93-100%. Таким образом, с энергетической точки зрения в степной и лесостепной зонах России нужно частично сократить пашню (малоценные участки) с переводом ее в стабилизирующие угодья (многолетняя древесно-кустарниковая и травянистая растительность). Глобальные изменения климата дают возможность начинать планомерное освоение новых земель под пашню на севере нашей страны. Если в XX в. Российское земледелие двигалось в основном на юг и юго-восток, то в XXI в. оно должно сменить направление на север.

Использование отдельных показателей фотосинтетической деятельности и продукционного процесса в селекции было связано с рядом трудностей при разработке высокопроизводительных экспресс-методов. По данным В.А. Кумакова (1985), основной прирост урожайности современных сортов яровой пшеницы в Поволжье был связан с увеличением размеров листьев всех ярусов (особенно верхних) и продолжительности их жизнедеятельности. Важным преимуществом высокопродуктивных сортов он считает достоверное повышение коэффициента хозяйственной эффективности (урожайного индекса). В то же время чистая продуктивность фотосинтеза у большинства сортов оказалась на прежнем уровне. Некоторые исследователи указывают на изменение характера распределения ассимилятов в сторону их оттока в репродуктивные органы, связывая при этом прогресс в селекции пшеницы и других зерновых культур с уменьшением стебля (Мединец, 1963; Шевелуха, 1980; Созинов, 1983 и др.). Так как у многих высокопродуктивных сортов увеличились размеры флагового листа, то в структуре фотосинтетических потенциалов возросла доля верхних листьев, что отмечают многие авторы (Кумаков, 1970; Тарчевский и др., 1981; Быков и др., 1982; Гуляев, 1983; Беденко, Коломейченко, 2001, 2003, 2008).

РЕГУЛЯТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ КРАСНОГО И СИНЕГО СВЕТА НА CO₂ ГАЗООБМЕН И РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ РАСТЕНИЙ СВЕТОДИОДАМИ

Regulatory influence of the red and blue light on CO₂ gas exchange and growth of potato under diodes irradiation

Кособрюхов А.А. *, Полякова М.Н.*, Диловарова Т. А*,
Мартиросян Ю.Ц.***

*ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии; ул. Тимирязевская, д.42., индекс, Москва, тел.: (495) 977-59-49, факс: (495) 977-09-47

**Институт фундаментальных проблем биологии РАН, 142290, г. Пущино, Московской области, тел.: (496) 773-29-88, факс: (496) 733-05-32

E-mail: *kosobr@rambler.ru, yumart@yandex.ru, kromashka@gmail.com.*

В последние годы во многих научных учреждениях нашей страны и за рубежом широко ведутся работы по оздоровлению и микроразмножению важнейших сельскохозяйственных культур, редких и ценных видов растений. Так, для ускоренного размножения оздоровленного семенного материала картофеля в институте сельскохозяйственной биотехнологии был разработан метод бес-субстратной аэрогидропонии, позволяющий исследовать оздоровленные растения на разной стадии их развития. Наряду с использованием традиционных источников освещения, для усовершенствования технологии выращивания растений картофеля проводится изучение действия на растения светодиодных облучателей с максимумами в области красного ($\lambda_{\text{макс}} = 630 \pm 5$ нм, 660 ± 5 нм) и синего ($\lambda_{\text{макс}} = 450 \pm 5$ нм и 470 ± 5 нм) света. Несмотря на выяснение действия широкополосного КС и СС на фотосинтетический аппарат, метаболические процессы в растениях, а в ряде работ, и светодиодного облучения на растения, остается много невыясненных вопросов, касающихся регуляторного влияния различных участков КС и СС на фотосинтетический аппарат и морфогенез растений. Последнее затрудняет использование светодиодов в практических целях. В задачу нашей работы входило изучение активности фотосинтетического аппарата, ростовых процессов растений картофеля в течение начального периода вегетации растений, выращиваемых только при светодиодном обучении выпускаемыми светодиодными устройствами. Оздоровленные миниклубни картофеля сорта Невский, полученные на аэропонной установке, высаживали в 5 литровые сосуды для выращивания, наполненные почвенным субстратом, после чего помещали под различные источники света. Использовали лампы ДНАТ-600 и светодиодные облучатели: КС 660+СС 450 в соотношении 40:20 (1 Вт/1 СД) и КС 630+СС 470 в соотношении 48:24 (1 Вт/1 СД), с уровнями интенсивности света на высоте верхних листьев: 260-270, 260-270 и 130-135 мкмоль фотонов м⁻²с⁻¹, соответственно.

Более высокое накопление биомассы и скорости ростовых процессов под лампами ДНАТ и СД 630+470 по сравнению с СД 660+450 могло быть обусловлено несколькими причинами: уровнем интенсивности света, спектральным составом источников облучения, работой фотосинтетического аппарата,

гормональным балансом в системе целого растения. Определение скорости фотосинтеза по CO_2 газообмену показало, что для растений, выращиваемых под лампами ДНАТ и СД 660+450, поглощение углекислоты единицей листовой поверхности практически не различалось и составляло $10,97 \pm 0,34$ и $10,20 \pm 0,22$ мкмоль $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Более низкий уровень интенсивности света под светодиодами 630+470 вызывал уменьшение поглощения углекислоты до $6,92 \pm 0,20$ мкмоль $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Низкие значения скорости фотосинтеза при облучении СД 630+470 связаны с менее эффективной работой фотосинтетического аппарата. Действительно, потенциальная скорость CO_2 поглощения единицы листовой поверхности, при световом насыщении, составляла для этих растений $23,9 \pm 1,1$ мкмоль $\text{м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, а при облучении светодиодами 660+450 – $59,7 \pm 2,4$ мкмоль $\text{м}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Квантовая эффективность фотосинтеза, соответственно, $0,040 \pm 0,001$ и $0,090 \pm 0,001$. При уровнях интенсивности света соответствующих условиям выращивания максимальная скорость фотосинтеза составляла для СД 630+470 – $24,8 \pm 3,6$ и для СД 660+450 – $37,9 \pm 1,1$ мкмоль $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Для растений, выращенных при СД 630+470, характерны более низкие уровни скорости реакции карбоксилирования, скорости электронного транспорта и использования триозофосфатов в цикле Бенсона-Кальвина. Вместе с тем, накопление биомассы растениями в вариантах ДНАТ и СД 630+470 было выше по сравнению с вариантом СД 660+450. Наблюдаемое несоответствие активности фотосинтетического аппарата и скорости ростовых процессов может быть связано с изменением гормонального баланса при изменении соотношения красного и синего света в источниках облучения. Действительно, в варианте со светодиодными источниками, имеющими максимумы излучения в области 660 и 450 нм, это отношение составляло 1,43, а в варианте СД 630+470 – 2,09. По литературным данным, в случае увеличения красной составляющей в спектре облучения происходит повышение накопления гиббереллинов в надземной части растений, что приводит к увеличению нарастания площади листовой поверхности. Последнее важно в начальный период роста растений. В варианте с СД 630+470 площадь листьев была выше по сравнению с СД 660+450 в 2,1 раза. Напротив, действие синей составляющей источников облучения, вызывая накопление цитокининов в подземных органах, становится важным в конце вегетации, способствуя увеличению клубнеобразования у растений.

Таким образом, проведенная работа показала возможность использования светодиодных облучателей при выращивании растений картофеля в контролируемых условиях фитотрона. Последующие исследования должны прояснить более детально соотношение фотосинтетической, метаболической и гормональной составляющей в продукционном процессе растений, в условиях аэропонного культивирования.

СО₂ – ГАЗООБМЕН РАСТЕНИЙ РИСА В ОНТОГЕНЕЗЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН ФЛАВОБАКТЕРИНОМ

СО₂ – exchange of rice plants in ontogenesis in dependence with mineral nutrition level and seeds inoculation with Flavobacterin

Ладатко В.А., Ладатко Н.А., Ладатко А.Г.

ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт риса Россельхозакадемии;
п. Белозерный 3, 350921 Краснодар, тел.:(861)2294149, факс: (861)2294149
E-mail: valery.ladatko@mail.ru, la_va_nda@mail.ru

Интенсивность СО₂ – газообмена – динамический процесс, в значительной мере определяющийся степенью развития и активности устьичного аппарата, скоростью диффузии СО₂ в клетку, свойствами ферментных систем и т.д., и зависящий от многих внешних факторов, в частности уровня минерального питания. Обеспеченность растений питательными элементами влияет на процесс фотосинтеза, изменяя его физическую (внутренняя структура листа) и химическую (ферментативная активность) компоненты. Ряд исследователей указывают, что при повышении уровня минерального питания усиливается максимальный СО₂ – газообмен растений (A_{max}) и снижается внутриклеточная концентрация СО₂ (C_i). Недостаток питательных элементов проявляется в снижении клеточной проводимости для СО₂, однако уровень питания не изменяет общую проводимость листа для Н₂О ($g_l(H_2O)$) (Longstreth D.G., Nobel P.S., 1980; Warren C.R., 2004). В связи с этим представляло интерес изучить влияние условий минерального питания на параметры фотосинтеза растений риса на протяжении всей вегетации.

Объект исследования – сорт риса Лиман. Исследование проводили в условиях вегетационного опыта в сосудах емкостью 9 л, заполненных лугово-черноземной почвой. Схема опыта включала следующие варианты: 1 – Фон 1 (NPK удобрение, эквивалентное 2 питательным смесям Прянишникова); 2 – Фон 1+ флавобактерин (0,3 кг/га норму семян); 3 – Фон 1 + флавобактерин (0,6 кг/га норму семян); 4 – Фон 2 (NPK удобрение, эквивалентное 4 питательным смесям Прянишникова); 5 – Фон 2+ флавобактерин (0,3 кг/га норму семян); 6 – Фон 2 + флавобактерин (0,6 кг/га норму семян). Инокуляцию семян осуществляли вручную полусухим способом (увлажнение 1,5–2 %). Показатели газообмена листа измеряли с помощью портативной системы фотосинтеза LI-6400 (LI-COR, США). За сутки до измерений растения адаптировали в климатической камере (температура - 30°C, освещенность – 1500 мкмоль/м²/с, концентрация СО₂ в воздухе – 400 мкмоль/моль).

Проведенные исследования показали отсутствие достоверных различий между вариантами по потенциальной интенсивности газообмена, общей проводимости листа для паров воды и внутриклеточной концентрации СО₂. Их изменения носили лишь возрастной характер. Отсутствие межвариантных различий можно объяснить стабильностью структурной организации фотосинтетических тканей у сорта Лиман при разной обеспеченности растений питательными ве-

ществами (Ладатко Н.А., Иванова Л.А., Скаженник М.А., 2008). Поэтому повышение продуктивности фотосинтеза при улучшении условий минерального питания и инокуляции семян флавобактерином происходит за счет увеличения общей площади листовой поверхности, без изменения фотосинтетической способности единицы площади листа.

По изменению A_{max} в онтогенезе, как функции C_i и $g_l(H_2O)$, можно судить о структурно-функциональной организации листа риса. В каждый период развития формируется оптимальная клеточная структура листа для поступления CO_2 в хлоропласты с соответствующей активностью ферментной системы (Evans J.R., Von Caemmerer S., 1996). Рассматривая изменения A_{max} и $g_l(H_2O)$ в онтогенезе, представленные на рисунке, можно отметить, что между ними существует логарифмическая зависимость.

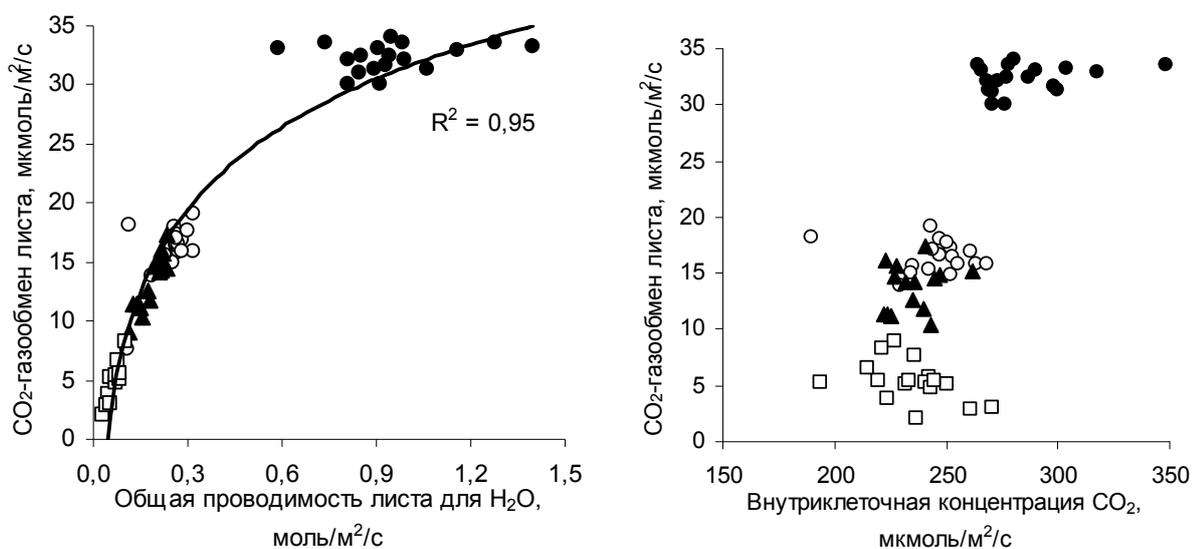


Рисунок. Зависимость CO_2 – газообмена листа риса от общей проводимости листа и внутриклеточной концентрации CO_2 в онтогенезе (● - кущение; ○ – трубкование; ▲ – цветение; □ - восковая спелость зерна).

Максимальные значения описываемых параметров наблюдаются в фазу кущения. В эту фазу наблюдается максимально возможная для данных условий интенсивность CO_2 – газообмена, мало изменяющаяся в широких пределах варьирования значений общей проводимости листа и внутриклеточной концентрации CO_2 . По мере роста и развития растений интенсивность газообмена и общая проводимость листа снижались и, в отличие от кущения, наибольшие различия между вариантами в последующие фазы вегетации были отмечены по A_{max} , что говорит о значительном снижении активности фотосинтетического аппарата при сохранении стабильной клеточной структуры.

Таким образом, онтогенетические изменения CO_2 – газообмена у сорта Лиман в меньшей степени зависят от структурной составляющей, а определяются активностью фотосинтетического аппарата, зависящей в свою очередь от возрастных изменений метаболизма растений.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЬЯХ СОРТОВ РИСА С РАЗНОЙ АРХИТЕКТОНИКОЙ

The influence of conditions of plants cultivation on photosynthetic pigments content in leaves of rice varieties with different plant architecture

Ладатко М.А., Ладатко В.А., Ладатко А.Г., Ладатко Н.А.

ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт риса Россельхозакадемии;
п. Белозерный 3, 350921 Краснодар, тел.:(861)2294833, факс: (861)2294833
E-mail: *max_ladatko@mail.ru* (Ладатко М.А.), *valery.ladatko@mail.ru*

Пластидные пигменты, являясь акцепторами солнечной энергии, их количество косвенно характеризует фотосинтетическую продуктивность растения. Содержание пигментов в растении в основном обусловлено генотипически, а в пределах нормы реакции генотипа и условиями произрастания. Влияние фотосинтетических пигментов на продуктивность риса проявляется посредством изменения основных физиологических процессов при увеличении их содержания. Считается, что более урожайными, как правило, являются растения с высоким содержанием пластидных пигментов (Алешин Е.П., Шеуджен А.Х., 1988). В связи с этим представляло интерес изучить изменение их содержания в зависимости от некоторых элементов агротехники.

Объектом исследования были сорта риса Атлет – с эректоидными и Гарант – с раскидистыми листьями. Схема опыта включала две густоты стояния растений – 125 и 250 шт./м²; два способа посева – рядовой с междурядьем 15 см и разбросной. Исследования проводили на вегетационной площадке в бетонных коробах (длина 3,0 м; ширина 1,3 м; глубина 0,7 м), заполненных лугово-черноземной почвой с рисовой оросительной системы ВНИИ риса. Уровень минерального питания – N₁₂P₆K₆ г д.в./м². Используемые удобрения: карбамид, суперфосфат простой гранулированный и калий хлористый. Семена высевали через трафареты с последующим прореживанием для создания ценозов нужной густоты. В фазу цветения осуществляли поярусный учёт площади листьев и биомассы растений. Содержание пластидных пигментов в листьях определяли спектрофотометрически в 96 % -этаноловом экстракте на спектрофотометре GENESYS 8, с последующим расчётом по формулам Лихенталера (Lichenthaler Н.К., 1983).

Проведенные исследования показали, что ассимиляционная поверхность растений значительно изменяется в зависимости от способа посева и нормы высева, однако продуктивность фотосинтеза определяется не только большей площадью листьев, но и содержанием фотосинтетических пигментов. Их определение выявило различную реакцию сортов на условия выращивания. В целом содержание хлорофиллов в единице площади листа у сорта Атлет варьировало в пределах 2,38-2,68 мг/дм² и было выше, чем у Гаранта – 2,18-2,46 мг/дм².

Изменение густоты стояния растений неоднозначно влияло на содержание пигментов у изученных сортов: у Атлета при 250 шт./м² по сравнению со 125 шт./м² содержание хлорофиллов а и b было выше на 6,5 %, тогда как у Гаранта

– ниже на 5,5 %. При рядовом способе посева содержание пигментов повышалось у обоих сортов: на 4,4 % у Атлета и 10,8 % у Гаранта. При этом способ посева и густота стояния растений практически не оказали влияния на содержание каротиноидов в листьях изученных сортов, за исключением повышения их содержания на 7,2 % у сорта Атлет при разбросном способе посева.

Определение пластидных пигментов в листьях отдельно по ярусам показало, что в среднем по сортам содержание хлорофиллов в среднем ярусе по сравнению с верхним было меньше на 13,5 %, а в нижнем ярусе – на 34 %. Способ посева и густота стояния растений не влияли существенно на абсолютное содержание пигментов в верхнем и среднем ярусах. В нижнем ярусе листьев наибольшее содержание хлорофиллов а и b отмечалось при рядовом способе посева и оптимальной густоте растений (250 шт./м²). Ярусная изменчивость содержания каротиноидов в листьях изученных сортов не зависела от нормы высева и способа посева. Их содержание было меньше в среднем ярусе по сравнению с верхним на 17 % и в нижнем ярусе – на 35,7 %.

Такие изменения обусловлены, во-первых, различной освещенностью в посевах при изменении густоты стояния растений и способа посева, а во-вторых, онтогенетическими изменениями в процессе старения листьев. Как известно снижение освещенности приводит к дополнительному накоплению фотосинтетических пигментов и увеличению доли светособирающих комплексов для поддержания процесса фотосинтеза (Murchie E. H., Hubbart S., Peng S. and Horton P., 2005). Особенно сильно условия выращивания влияют на содержание пигментов в листьях нижних ярусов, так как неоптимальное распределение растений в ценозе приводит к более сильному их затенению. В свою очередь освещенность в ценозе в значительной степени определяется архитектурой растений: у растений с раскидистыми листьями на уровне второго листа ниже флага освещенность снижается на 30 %, а на уровне четвертого листа ниже флага – на 90 % (Murchie E.H, Hubbart S., Chen Y., Peng S., and Horton P., 2002).

В целом по содержанию хлорофиллов сорт Атлет, с эректоидным расположением листьев, сильнее реагировал на изменение густоты стояния растений, тогда как Гарант – на способ посева. Направленность и степень ярусной изменчивости у сортов была одинаковой: влияние на содержание пигментов оказал только способ посева, причем достоверные различия наблюдались лишь в листьях нижнего яруса.

НАКОПЛЕНИЕ И ТРАНСПОРТ K^+ И Na^+ В РАСТЕНИЯХ РИСА В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННОГО ЗАСОЛЕНИЯ

Accumulation and transport of K^+ and Na^+ in rice plants under conditions of soil salinity

Ладатко Н.А., Досеева О.А.

ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт риса Россельхозакадемии;
п. Белозерный 3, 350921 Краснодар, тел.:(861)2294149, факс: (861)2294149
E-mail: *la_va_nda@mail.ru*, *OlgaDos@mail.ru*

Устойчивость растения к засолению среды является комплексной характеристикой и изменяется в онтогенезе в связи с переходом к различным этапам развития, требующим определенной перестройки метаболических процессов. В то же время для успешного прохождения жизненного цикла и формирования жизнеспособных семян растению необходимо иметь механизмы, снижающие негативное воздействие факторов среды на основные физиологические процессы.

Несмотря на большое число работ, посвященных изучению солеустойчивости риса, закономерности поглощения и накопления ионов солей растениями риса до сих пор изучены недостаточно. Поскольку большинство исследований, касающихся этой проблемы, проводилось в краткосрочных опытах на небольшом наборе сортов, контрастных по солеустойчивости, представляло интерес изучить накопление и распределение по органам ионов калия и натрия в онтогенезе растений риса (*Oryza sativa* L.).

Объект исследования – 8 сортов риса различной солеустойчивости. Растения выращивали на вегетационной площадке в сосудах, вмещающих 8 кг почвы (рисовая лугово-черноземная). Почва засолялась искусственно, из расчета 0,25 % NaCl на сухую ее массу до посева, минерализация поливной воды поддерживалась на уровне 0,25 % (4,7 мСм/см) с фазы 3 листьев в течение всего вегетационного периода.

Неравномерное накопление ионов в разных органах растений указывает на то, что вредное влияние солей может быть ограничено определенными органами или тканями, не приводя к нарушению общих процессов жизнедеятельности. Одной из характеристик накопления и распределения K^+ и Na^+ в растении является коэффициент селективного транспорта K^+-Na^+ между стеблями и листьями (Chen H.Z., Ladatko N., Zhu D.F. et al., 2007). Максимальные его значения у сортов на пресном фоне (рис. 1 А, Б) отмечаются в период генеративного развития, что говорит об ограничении растением транспорта Na в зеленые, активно функционирующие листья и поддержании высокого отношения K^+/Na^+ . То же наблюдается при засолении только у солеустойчивых сортов (рис. 1 В).

Солеустойчивые сорта в среднем накапливают в органах меньше калия (рис.2). Содержание натрия в листьях у них также ниже, а в стеблях заметно выше, чем у неустойчивых сортов. Однако отношение K^+/Na^+ в листьях у обеих групп сортов одинаково, тогда как в стеблях в 3 раза больше у неустойчивых сортов.

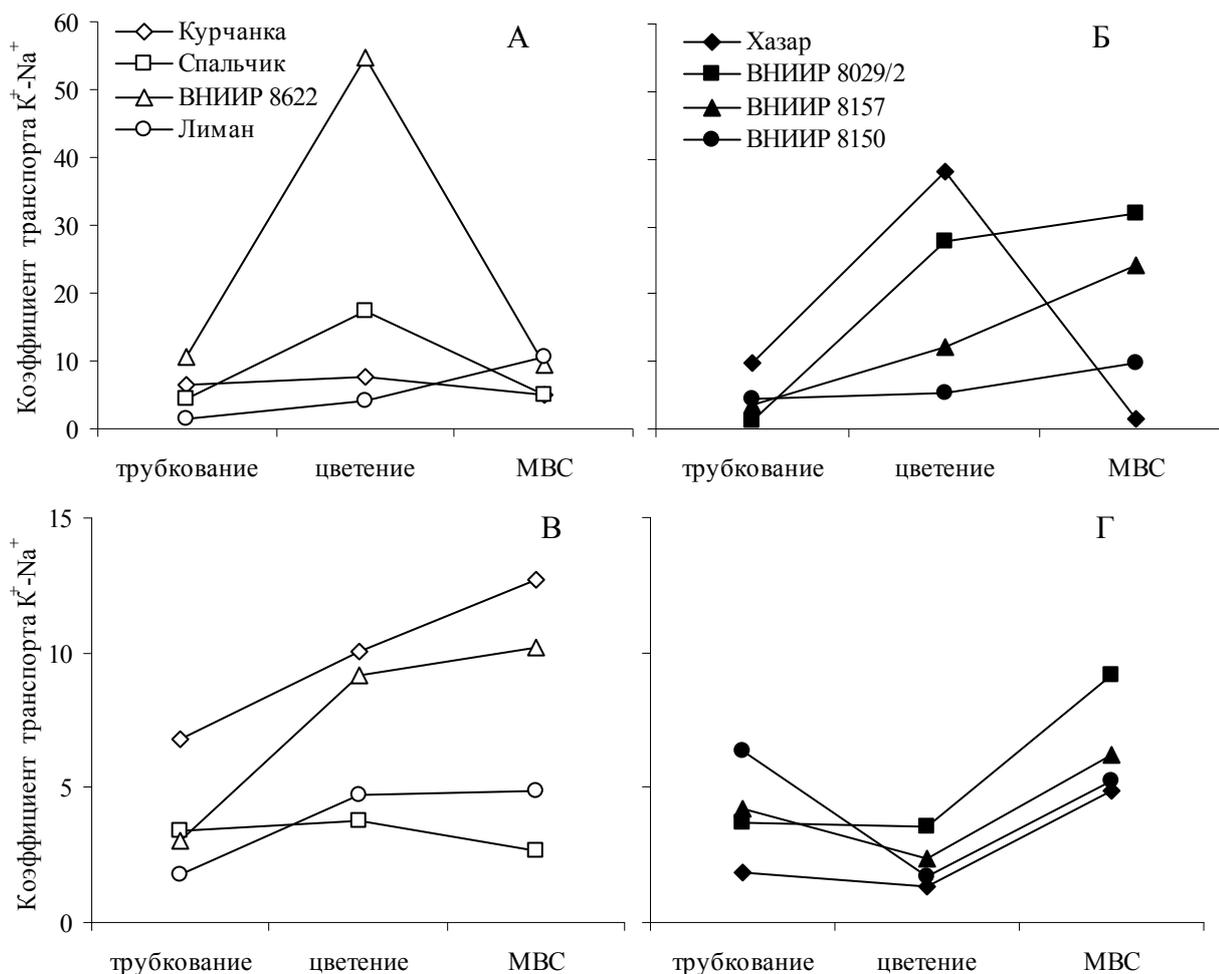


Рис.1. Изменение коэффициента селективного транспорта K^+-Na^+ в онтогенезе риса на пресном (А, Б) и засоленном (В, Г) фоне у солеустойчивых (○) и неустойчивых (●) сортов.

Таким образом у солеустойчивых сортов поддерживается необходимое соотношение K^+/Na^+ в листьях, но не затрачивается дополнительная энергия на селективное поглощение этих ионов, обратный транспорт Na в корни и выведение его в почвенный раствор. Предполагается, что происходит компартментация засоряющих ионов в стеблях, способствующая формированию высокого осмотического потенциала помимо синтеза органических осмолитов.

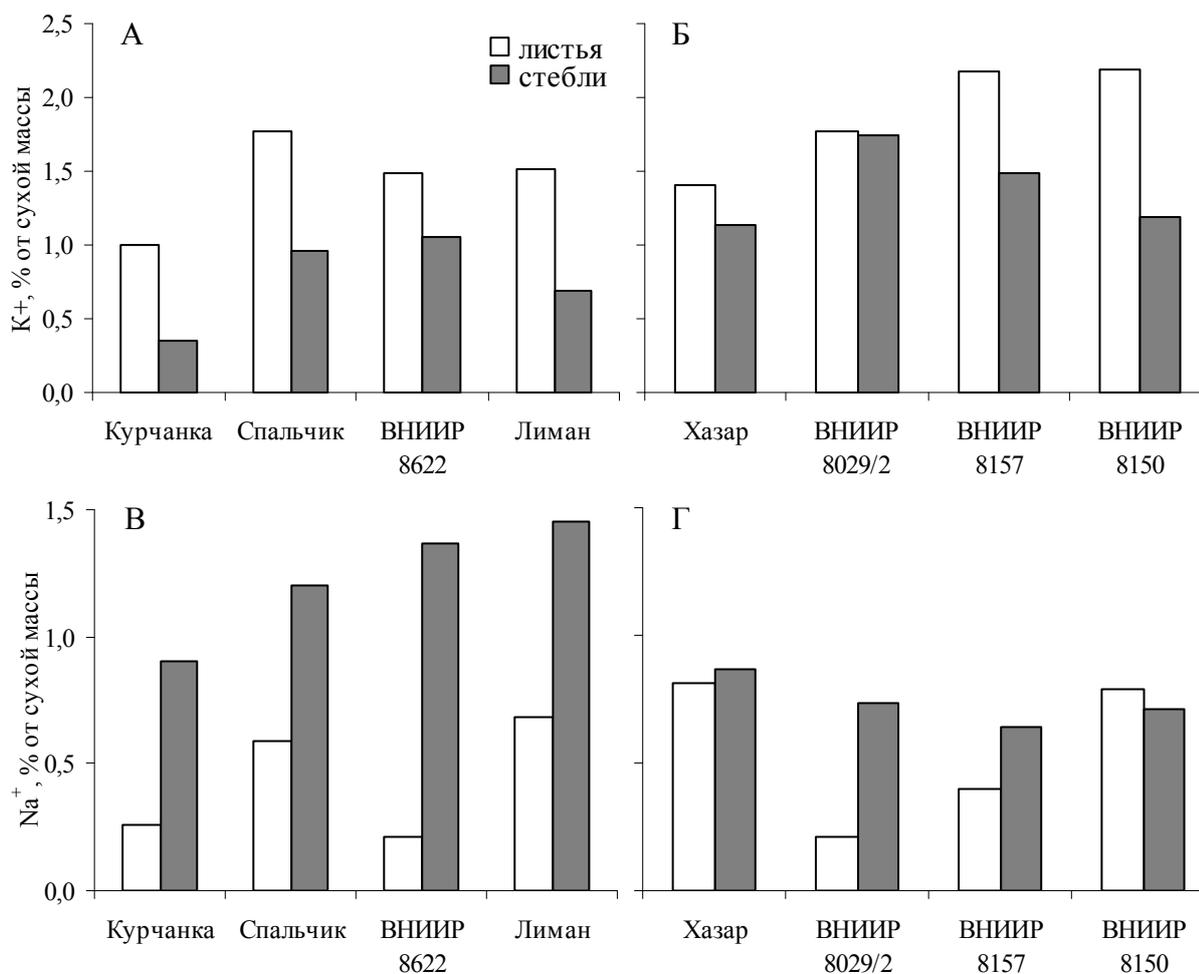


Рис. 2. Накопление ионов K^+ и Na^+ в органах растений риса солеустойчивых (А, В) и неустойчивых (Б, Г) сортов в фазу цветения при засолении.

ХОЛОДОВОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ КАК ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ТЕПЛОЛЮБИВЫХ РАСТЕНИЙ

Chilling injury as determinant of chilling-sensitive plants development and yield

Лукаткин А.С.

ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им Н.П. Огарева»;
ул. Большевикская 68, 430005 Саранск, тел.: (8342)322507, факс: (8342)324554
E-mail: aslukatkin@yandex.ru

Более половины растений на Земле произрастают в тропиках и субтропиках, и в ходе эволюции они не могли выработать способность противостоять пониженным положительным температурам. Большинство из этих видов (теплолюбивые растения) повреждается в ходе выдерживания при температурах выше точки замерзания тканей, но ниже $15^{\circ}C$ (пониженных положительных); такое повреждение называют холодовым (chilling injury) в отличие от повреждения при замораживании (freezing injury). После длительного выдерживании в условиях пониженных температур у теплолюбивых растений развиваются симптомы повреждения и происходит гибель организма. Большое число культур тропического или субтропического происхождения, такие, как рис, кукуруза, томат, огурец, хлопчатник, соя и др., интродуцированы в более высоких широтах, однако, несмотря на дол-

гую историю их культивирования в умеренных областях, практически отсутствуют данные, что какие-либо из них приобрели существенную холодоустойчивость.

Действие пониженных температур в умеренном климате приводит к снижению или полной потере урожая вследствие либо прямого повреждения, либо замедленного созревания. Даже небольшие понижения температуры, не вызывающие видимых повреждений теплолюбивых растений, приводят к снижению их продуктивности до 50%. Так, в США холодное повреждение молодых растений хлопчатника в 1980 г. привело к потере 60 млн. долларов. В Южной и Юго-Восточной Азии высокопродуктивные сорта риса не возделываются на территориях свыше 7 млн. га, где они могут подвергаться воздействию пониженных температур. Очевидно, что проблема устойчивости к пониженным положительным температурам, часто действующим на растения в весенний и осенний периоды во многих регионах нашей страны, имеет важное значение для практического растениеводства.

В работе обобщены данные исследований, проводимых фитофизиологами всего мира в области холодного повреждения, и вся совокупность феноменологических данных на клеточном и организменном уровнях сгруппирована по разделам физиологии растений. Подробно рассмотрены внешние симптомы холодного повреждения, особенности прорастания семян теплолюбивых растений при температурах ниже 15°C, замедление роста и развития, удлинение вегетационного периода. Особый упор сделан на рассмотрении цитофизиологических изменений при охлаждении теплолюбивых растений – нарушении ультраструктуры клеток, изменений физических свойств и состава клеточных мембран, изменений коллоидно-химических свойств цитоплазмы, уменьшения числа делящихся клеток, замедления скорости роста клеток в зоне растяжения и ускоренной дифференцировки клеток, что результирует в значительных изменениях роста на уровне растения и его органов. Показано, что выдерживание теплолюбивых растений в условиях пониженных температур приводит к нарушениям всех физиологических процессов: водного режима, минерального питания, фотосинтеза, дыхания, обмена веществ, и проанализированы механизмы этих нарушений. Инактивация метаболизма, наблюдаемая при охлаждении теплолюбивых растений, является комплексной функцией как температуры, так и длительности ее воздействия. Ответ растений на воздействие пониженных температур связан с изменением скорости транскрипции генов ряда низкомолекулярных белков. Холодовая акклимация теплолюбивых растений также сопровождается синтезом ряда белков.

Многочисленные данные показывают, что физиологические нарушения функций, индуцированные пониженными температурами, могут быть обращены (или функции восстановлены), если ткань возвращена в нормальную температуру до проявления повреждений.

Проанализированы исторические вехи в развитии представлений о сущности холодного повреждения теплолюбивых растений и направленность современных исследований. На базе собственных исследований автора и данных литературы предложена концепция холодного повреждения, основанная на ведущей роли

окислительного стресса в индукции стрессовой реакции. Основываясь на этой концепции, представлены возможные пути повышения холодоустойчивости, которые объединены в несколько групп: термическое воздействие (низкотемпературное закаливание, температурное кондиционирование, промежуточный отогрев, действие теплового стресса); химическая обработка (микроэлементами, синтетическими регуляторами роста, антиоксидантами); использование генной и клеточной инженерии.

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства по образованию (АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.1/624).

МОДИФИКАЦИЯ ОТВЕТА РАСТЕНИЙ НА СТРЕССЫ ДЕЙСТВИЕМ ПРЕПАРАТОВ С ЦИТОКИНИНОВОЙ АКТИВНОСТЬЮ

The modification of plant response on stresses by cytokinin-like substances

Лукаткин А.С., Башмаков Д.И., Колмыкова Т.С., Пугаев С.В.

ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им Н.П. Огарева»;
ул. Большевистская 68, 430005 Саранск, тел.: (8342)322507, факс: (8342)324554
E-mail: *aslukatkin@yandex.ru*

Реакция растений на действие стрессоров детерминирована генетически, но может модифицироваться биологически активными веществами (БАВ). Известно, что существует большое количество БАВ, применение которых повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды. Среди них особое место занимают синтетические аналоги фитогормонов и негормональные регуляторы роста. Они могут применяться в минимальных физиологических концентрациях, вследствие чего экологически безопасны как для растений, так и для окружающей среды. Эти препараты, обладающие избирательным действием на физиологические функции в растении, обеспечивают высокую продуктивность растений, а также могут защищать растения от неблагоприятных факторов внешней среды. Среди них особо выделяются препараты цитокининового типа действия. В последнее время разработан ряд новых синтетических препаратов, обладающих цитокининовой активностью. Их преимуществом является исключительно низкая концентрация, в которой они оказывают специфическое действие, и более высокая эффективность по сравнению с природными цитокининами.

На ряде культурных растений проверено более 10 препаратов с цитокининовой активностью. В мелкоделяночных опытах с применением синтетического антистрессового препарата картолин 2 выявлено повышение урожая пшеницы на 14,9 – 20, 0%, проса – на 14,8–17,2%, огурца – на 17,5% (в зависимости от способа обработки). Полистимулин К повышал урожай проса на 10,2% (тогда как природный цитокинин кинетин дал прибавку зерна лишь на 4%).

В лабораторных и вегетационных методах исследовали реакции растений на стрессовые воздействия пониженных положительных и повышенных температур, тяжелых металлов (ТМ) и дефицита минерального питания. Обнаружено, что все воздействия давали типичные стрессовые ответы растений, как на уровне организма (торможение роста, нарушение водного режима, разрушение хло-

рофилла, снижение продуктивности и качества получаемого урожая), так и на клеточном уровне (усиление генерации активированных форм кислорода, изменение активности антиоксидантных ферментов, повышение выхода электролитов и интенсивности перекисного окисления липидов – ПОЛ). При высокой напряженности стрессового воздействия наблюдали повреждение и гибель органов и всего растения.

В целях модификации ответных реакций растений на действие стрессоров различной природы проводили обработку семян и/или молодых растений рядом синтетических соединений, обладающих цитокининовой активностью (тидазурон, цитодеф, хлорсульфурон), сравнивая с природным соединением – кинетином. Показано, что обработка семян огурца и кукурузы препаратами способствовала ускорению и усилению прорастания в условиях пониженных температур (10 и 14°C), т.е. препараты обладают ярко выраженным термопротекторным действием. Наиболее эффективными оказались концентрации тидиазурона 10^{-11} М, цитодефа 10^{-7} М, хлорсульфурона 10^{-9} М, кинетина 10^{-7} М.

При действии пониженных температур на растения в полевых опытах исследованные препараты (примененные в более высоких концентрациях, чем в предыдущих анализах) снижали визуальные проявления холодового повреждения органов, а также существенно повышали выживаемость растений (на 40 % и более). Выявлено значительное снижение повреждения клеточных мембран в листьях огурца и кукурузы, определяемого по выходу электролитов и интенсивности ПОЛ, в результате обработки растений и семян тидиазуроном в концентрациях 10^{-7} и 10^{-8} М.

Учет урожая показал, что обработка семян огурца и молодых растений приводила к повышению урожая по сравнению с контролем. Особенно заметно это проявлялось при двойной обработке – семян и растений. Так, продуктивность огурца в мелкоделяночном опыте с обработками тидиазуроном и цитодефом возрастала на 46–147%. Это происходило за счет увеличения числа боковых побегов, линейных размеров побегов и листьев, возрастания соотношения женских/мужских цветков. Одновременно с ростом общей продуктивности огурца повышался выход товарной продукции и улучшались органолептические свойства, а также снижалось содержание нитратов и тяжелых металлов в плодах огурца по сравнению с контролем.

Обработка препаратами в значительной степени способствовала нормализации состояния растений, произрастающих в условиях повышенной концентрации ТМ; при этом стабилизировалось состояние мембран, усиливался рост, подавлялось поглощение и аккумуляция ТМ растениями. Особенно сильно последние эффекты проявились в корнях и плодах растений огурца. В вариантах с обработкой тидиазуроном в корнях существенно снижался уровень ТМ: цинка – на 12–28%, меди – на 27–55%, железа – на 48–69%, марганца – на 48–66%, хрома – на от 57–83%, никеля – на 67–86%. При обработке цитодефом действие было сходным, но слабее выраженным.

Выявлены концентрационные и физиологические различия по действию цитокининовых препаратов на растения в стрессовых условиях. Использование

препаратов тидиазурон, цитодеф и хлорсульфурон в целях повышения стрессоустойчивости растительных организмов может быть перспективным на территориях, где высока вероятность попадания растений в стрессовые условия.

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства по образованию (АВЦП «Развитие научного потенциала высшей школы», проект 2.1.1/624).

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ОБЛУЧАТЕЛЕЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ФИТОТРОНА

Investigation of light diodes on the growth and development of potato under control condition

Мартиросян Ю.Ц.*, **Диловарова Т. А. ***, **Полякова М.Н***, **Кособрюхов А.А.****

* ГНУ ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии; Москва, ул. Тимирязевская, д.42., тел.: (495) 977-59-49, факс: (495) 977-09-47

** Институт фундаментальных проблем биологии РАН, 142290, г. Пущино, Московской области, тел.: (496) 773-29-88, факс: (496) 733-05-32
E-mail: yumart@yandex.ru, kromashka@gmail.com, kosobr@rambler.ru

Технология бессубстратного культивирования в условиях аэропоники, разработанная во ВНИИ сельскохозяйственной биотехнологии, позволяет получать несколько урожаев высококачественных оздоровленных растений в течение всего года. Повышение эффективности выращивания растений в искусственных условиях может быть достигнуто путем создания оптимального светового режима растений в процессе их онтогенеза. Большая часть фотобиологических процессов в растениях наиболее интенсивно протекает при облучении светом в оранжево-красной и сине-фиолетовой области спектра. Однако выращивание растений в контролируемых условиях связано со значительными энергозатратами и ограниченными спектральными характеристиками излучателей. Возможным решением проблемы повышения продуктивности растений и, одновременно, снижения энергозатрат, может быть использование в аэропонных установках низкоэнергетических светоизлучающих диодов.

Светодиоды могут использоваться как дополнительные облучатели, так и, в перспективе, полностью заменять традиционные источники облучения растений. В настоящей работе приведены результаты исследования ростовых, фотосинтетических и продукционных характеристик растений картофеля сорта Невский, выращиваемых в аэропонной установке при дополнительном облучении растений светодиодами, а также, при постоянном их выращивании под светодиодными облучателями в вегетационных сосудах. В первом случае использовали светодиоды с максимумами излучения в красной ($\lambda_{\text{макс}} = 630 \text{ нм}$) и синей ($\lambda_{\text{макс}} = 450 \text{ нм}$) областях спектра на фоне основного облучения люминесцентными фитолампами ($150 \text{ мкмоль фотонов} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$). Дополнительное облучение светодиодами составляло 2,5-3 % от общего уровня освещения. Температурный режим – 25/20 °С при 16 часовом фотопериоде и 16-18 °С при 12 часовом фотопериоде. Действие дополнительного светодиодного облучения красным светом

($\lambda_{\text{макс}} = 630 \text{ нм}$) на растения проявилось уже на первой стадии вегетации, вызывая увеличение скорости ростовых процессов. Ускорение роста в начальный период могло быть связано с увеличением скорости ассимиляции углекислоты растениями. Действительно, скорость ассимиляции CO_2 растениями в опыте была выше по сравнению с контролем в 1,4 раза. Одновременно наблюдалось снижение скорости темнового дыхания. Растения более эффективно использовали свет низкой интенсивности. Во второй половине вегетации происходило изменение направленности оттока фотоассимилятов, обусловленное изменением донорно-акцепторных отношений в системе целого растения – началом клубнеобразования. Наблюдалось снижение скорости роста растений в высоту и образования новых листьев по сравнению с контролем. В этот период наиболее эффективным становится дополнительное облучение растений картофеля синим светом. Увеличение количества клубней по сравнению с контролем (люминесцентными фитолампами) составило 20 %. Во второй серии экспериментов растения выращивали только под светодиодными облучателями. В контроле растения выращивали под натриевыми лампами высокого давления (ДНАТ-600). В опытном варианте использовали светодиодные облучатели фирмы «Фокус»: КС 660+СС 450 в соотношении 40:20 (1 Вт/1 СД) и КС 630+СС 470 в соотношении 48:24 (1 Вт/1 СД), с уровнями интенсивности света на высоте верхних листьев: 260-270, и 130-135 мкмоль фотонов $\text{м}^{-2}\text{с}^{-1}$, соответственно. Растения, выращиваемые под лампами ДНАТ, показали наиболее высокое накопление биомассы через три недели наблюдения – $59,5 \pm 4,2 \text{ г/растение}$ или $7,1 \pm 0,1 \text{ г/растение}$ сухого вещества. Под светодиодными облучателями растения накапливали $66,0 \pm 2,4$ и $26,6 \pm 1,5 \text{ г/растение}$, соответственно вариантам с СД 630+470 и СД 660+450, однако относительное содержание сухого вещества на 3,5 % было выше в варианте СД 660+450 по сравнению с ДНАТ и 4,4 % с СД 630+470. Наряду с большим накоплением биомассы под лампами ДНАТ и СД 630+470, растения характеризовались также более высокой скоростью роста стебля в высоту по сравнению с СД 660+470. Действительно, высота растений была $35,0 \pm 3,4 \text{ см}$, $20,2 \pm 2,2 \text{ см}$ и $14 \pm 1,3 \text{ см}$ для ДНАТ, СД 630+470 и СД 660+450, соответственно. Наибольшее клубнеобразование наблюдалось под лампами ДНАТ, под светодиодными облучателями 630 + 470 отмечены только столоны с зачатками клубнеобразования.

Полученные нами результаты свидетельствуют о возможности применения низкоэнергетических светодиодных источников облучения в растениеводстве, однако, требуются дополнительные исследования влияния отдельных участков спектра видимого света (400-700 нм) на рост и развитие растений.

ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ ТОМАТА, ВЫРАЩЕННЫХ ПОД СВЕТОДИОДНЫМИ ОБЛУЧАТЕЛЯМИ С РАЗЛИЧНЫМ СПЕКТРАЛЬНЫМ СОСТАВОМ И ИНТЕНСИВНОСТЬЮ

Production of tomato plants grown under LED irradiators with different spectral composition and intensity

Мороз Д.С.*, Астасенко Н.И.**, Цвирко В.И.***

*ГНУ "Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф.Купревича" НАН Беларуси; ул. Академическая 27, 220072, Минск, Беларусь, тел.: +375(17) 284-18-51, факс: +375(17) 284-18-53;

**УП «ЦКБ» НАН Беларуси; Логойский тракт 20, 220090, Минск, Беларусь, тел./факс: +375(17) 283-91-55;

***Государственное предприятие «ЦСОТ НАН Беларуси»; Логойский тракт 22, к.2207, 220090, Минск, Беларусь, тел./факс: +375(17) 281-13-62.

E-mail: *dival4@yandex.ru*

Тепличное растениеводство является одной из самых энергоемких областей современного сельского хозяйства. КПД натриевых ламп высокого давления (НЛВД), широко применяемых в осветительных системах тепличных хозяйств составляет около 35%. Большая доля энергии (65%) таких ламп выделяется в виде ИК-излучения. Утилизировать это тепло можно только путем выброса перегретого воздуха наружу, что влечет за собой утечку углекислого газа, необходимого для фотосинтеза, и снижение эффективности системы в целом.

В настоящее время появились источники света на основе светодиодов, которые не испускают ИК-излучения и являются абсолютно экологически чистыми. КПД синих (450 нм) и красных (660 нм) светодиодов на сегодняшний день достиг 35%, что не является пределом, так как технологии их производства интенсивно развиваются. Интенсивность излучения светодиодов регулируется, ширина полосы излучения составляет 15 - 30 нм. Это дает возможность создания спектрально регулируемых облучателей с нужным для растений спектром. Кондуктивный характер тепловыделения светодиодов позволяет отводить от них тепло без нагрева растений, например, используя жидкостное охлаждение. Ресурс светодиодов в 5-10 раз больше чем у ламп. В настоящее время светодиоды начинают применять в экспериментальных теплицах для дополнительного облучения растений и регулирования (замедления или ускорения) их развития.

Задачей данной работы является поиск режимов облучения, которые позволят реализовать максимальную урожайность конкретной культуры и при этом будут экономически эффективными. В качестве объекта исследования были выбраны растения томата (*Solanum lycopersicum*), гибрид «Жиронимо» голландской селекции. Растения выращивались на минеральной вате в шести отдельных боксах исключительно под светодиодными облучателями, различающиеся спектром и мощностью излучения. Каждый светодиодный облучатель содержал четыре типа светодиодов: красные (640 нм), синие (450 нм), фиолетовые (405 нм) и белые (440-750 нм). В шестом варианте часть облучателей рас-

положена по двум сторонам бокса на расстоянии 1,45 и 2,45 м от верхних облучателей, соответственно, и около 20 см от боковых листьев растений. Контролем в седьмом варианте служили специализированные люминесцентные лампы «Sylvania Gro-lux T5L8» с основными полосами излучения в синей (430-490 нм) и красной (630-670 нм) областях спектра. Режим питания всех растений был идентичен. В опыте поддерживались постоянными температура воздуха 17°С (темнота) и 22°С (свет), влажность воздуха 60-70%, концентрация CO₂ 900 ppm и фотопериод 18 часов. Варианты всех опытов представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Варианты облучения растений томата в опыте

Показатели	Варианты опыта						
	1	2	3	4	5	6	7
Характеристика светоизлучателя, отношение красной (600-700 нм) к синей (400-500 нм) области спектра	1,6:1	2,3:1	4,4:1	2,3:1	2,3:1	2,8:1	3:1
Плотность потока фотонов, мкмоль/(м ² с)	320	320	320	160	240	400	320
Потребляемая мощность, кВт/час	0,57	0,56	0,55	0,34	0,45	0,67	0,95
Расход энергии за фотопериод	10,26	10,08	9,90	6,12	8,10	12,06	17,1

Таблица 2 – Урожайность растений томатов при различных вариантах облучения

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	Месяц
Масса,г	6115	7599	7628	409	3468	2863	10191	февраль-март
кол-во	54	71	66	3	34	23	89	
ср.вес,г	113,24	107,03	115,58	136,33	102,00	124,48	114,51	
Масса,г	5766	6869	6803	2894	4815	8062	9739	Апрель
кол-во	40	43	54	23	33	46	62	
ср.вес,г	144,15	159,74	125,98	125,83	145,91	175,26	157,08	
Масса,г	11469	10961	12795	4895	7662	13094	13632	Май
кол-во	81	73	94	50	63	81	78	
ср.вес,г	141,59	150,15	136,12	97,90	121,62	161,65	174,77	
Масса,г	9385	11614	8536	3950	6026	10060	8979	Июнь
кол-во	75	87	62	45	63	75	51	
ср.вес,г	125,13	133,49	137,68	87,78	95,65	134,13	176,06	
Масса,г	8137	8107	8229	2905	5484	11265	8444	Июль
кол-во	75	68	70	38	64	73	50	
ср.вес,г	108,49	119,22	117,56	76,45	85,69	154,32	168,88	
Масса,г	40872	45150	43991	15053	27455	45344	50985	Итого
кол-во	325	342	346	159	257	298	330	
ср.вес,г	125,76	132,02	127,14	94,67	106,83	152,16	154,50	

Урожайность растений определяли по массе и количеству плодов, собранных с каждого бокса. Рассчитывалась также средняя масса плода. Плоды снимались каждые 5-7 дней. Большая часть растений начала плодоносить в конце февраля (2,5 месяца после высадки в теплицу), и только в 4 варианте первые томаты созрели на месяц позже, чем в остальных. Установка дополнительных боковых светильников в шестом варианте позволила резко увеличить продук-

тивность растений. Урожайность растений томата при всех режимах облучения представлена в таблице 2 и на рисунке.

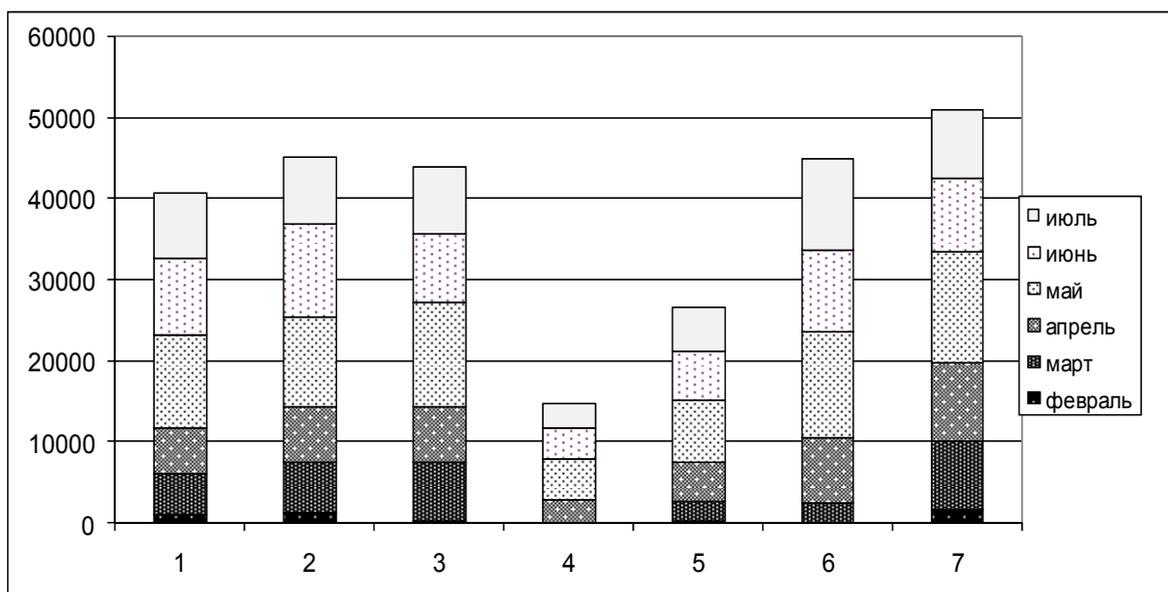


Рисунок. Урожайность растений томата за февраль-июль.

Согласно полученным данным урожайность при использовании светодиодов в качестве единственного источника света сопоставима с урожайностью, полученной при выращивании растений томата под люминесцентными осветителями, а также с продуктивностью растений, выращенных в условиях тепличных хозяйств, где используются НЛВД совместно с солнечным светом. Кроме того, следует учитывать, что потребление электроэнергии люминесцентными лампами значительно выше, чем светодиодными. Полученные результаты указывают на целесообразность внедрения в тепличные хозяйства дополнительного бокового досвечивания. В отличие от верхнего бокового облучения можно реализовать только на светодиодах, поскольку, они могут располагаться гораздо ближе к растениям, чем лампы.

ИЗМЕНЕНИЯ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ЗАСУХЕ У СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ПО ПРОДУКТИВНОСТИ

Drought-induced changes in antioxidative system of winter wheat cultivars varying in productivity

Николаева М.К., Маевская С.Н.

Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН;
ул. Ботаническая 35, 127276 Москва, тел.:(495)2318363, факс:(495)9778018
E-mail: mknikolaeva@mail.ru

В связи с глобальным изменением климата и расширением площадей засушливых земель, исследования влияния засухи и сопутствующих стрессов приобретают особую актуальность. Засуха является одним из внешних факторов, ингибирующим многие метаболические процессы, лимитирующим рост и

продуктивность растений. Устойчивость к засухе обеспечивается сложной системой механизмов, защищающих растения от водного стресса. Степень устойчивости растений к водному стрессу варьирует как у разных видов, так и разных сортов одного и того же вида. В связи с возрастающей нестабильностью климата необходимо изучать механизмы, обеспечивающие разную устойчивость растений к действию засухи и других стрессов. Задачей настоящей работы явилось изучение влияния почвенной засухи на некоторые свойства фотосинтетического аппарата, эффективность функционирования системы антиоксидантной защиты, состояние мембранной системы и содержание пролина у двух сортов озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) Баллада и Бельцкая, продуктивность которых составляла, соответственно, 41,7 и 20,0 ц/га. Опыты проводили с молодыми проростками, выращенными в камере фитотрона при интенсивности света 120 мкмоль/(м²с). Контрольные растения поливали ежедневно, поддерживая влажность почвы на уровне 60% от полной влагоемкости. Опытные растения прекращали поливать на 7-ой день после появления всходов. Продолжительность засухи – трое суток. За это время влажность почвы в опытном варианте снизилась до 28%. Пробы для анализа брали из средней части второго растущего листа. Опыты показали, что засуха не влияла на содержание хлорофилла и каротиноидов. Таким образом, пигментный аппарат растущих листьев исследуемых сортов был устойчив к засухе.

Для оценки эффективности функционирования антиоксидантной системы в условиях водного стресса определяли активность аскорбатпероксидазы (АскП) и глутатионредуктазы (ГР), а также содержание аскорбата и глутатитона. Эти соединения являются растворимыми антиоксидантами, играющими важную роль в защите клетки от действия АФК и окислительных повреждений. У контрольных растений пшеницы сорта Бельцкая общее содержание аскорбата (аскорбат + дегидроаскорбат) было в 1,5 раза выше, чем у сорта Баллада. Однако содержание аскорбата в восстановленной форме было близким. Засуха не влияла на общее содержание аскорбата у сорта Бельцкая. У сорта Баллада засуха индуцировала незначительное увеличение содержания восстановленного (8-10%) и общего аскорбата (20-25%). Суммарное содержание глутатитона в листьях контрольных растений пшеницы сорта Баллада было в среднем в 2,5 раза выше, чем у сорта Бельцкая. Под влиянием засухи суммарное содержание глутатиона в листе увеличилось на 80% (сорт Баллада) и 130% (сорт Бельцкая). Одной из главных функций восстановленного глутатиона является поддержание аскорбиновой кислоты в восстановленной форме, функционирующей в аскорбат/глутатионовом цикле. Увеличение уровня глутатиона, участвующего в детоксикации H₂O₂ в условиях дефицита воды, является положительным адаптивным ответом, направленным на снижение интенсивности окислительного стресса. В листьях опытных растений пшеницы активности ферментов аскорбат/глутатионового цикла повышались по сравнению с контролем. Так, у сорта Баллада активность АскП увеличилась на 25 и у растений сорта Бельцкая – на 29%. Активность ГР, играющей ключевую роль в защите от окислительного стресса, у сортов Баллада и Бельцкая возросла, соответственно, на 45 и 56%.

Отсутствие значительных изменений в активности АскП и ГР является прямым доказательством, что в условиях прогрессирующей почвенной засухи содержание АФК в листьях существенно не повышалось. Представляло интерес определить накопление осмолитов, в частности, пролина, оказывающего защитное действие при водном стрессе. Засуха вызывала интенсивное накопление пролина в листьях растений сортов Баллада и Бельцкая, соответственно, в 40 и 30 раз. Высокий уровень пролина, возможно, способствует снижению содержания активных форм кислорода, участвуя в детоксикации супероксид-радикала. Синтезированный в условиях засухи пролин может служить также источником органического азота в процессе репарации после восстановления нормального водоснабжения.

Важным показателем устойчивости растений к окислительному стрессу является содержание малонового альдегида (МДА), одного из конечных продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ). У обоих сортов пшеницы дефицит воды не вызывал увеличения содержания МДА, что могло быть вызвано усиленным образованием α -токоферола, предотвращающего ПОЛ. Таким образом, проведенная работа показала, что у исследуемых сортов озимой пшеницы на ранней стадии их развития механизмы антиоксидантной защиты и осмотического контроля функционировали достаточно эффективно, что позволило предотвратить развитие окислительного стресса. Отсутствие активации ПОЛ при засухе свидетельствует о том, что в клетках растений не происходило деградации мембранной систем. Сохранение пигментного фонда в листьях опытных растений также свидетельствует о стабильности мембран клеток. Эффективная работа систем антиоксидантной защиты на раннем этапе развития растений и переходе к автотрофности, обеспечивающая устойчивость к засухе и другим стрессам, возможно, позволит успешнее пройти осеннее закаливание и зимовку, что, в конечном итоге, будет благоприятствовать реализации продукционного процесса после возобновления весенней вегетации.

ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ У ЛИСТОЧКОВЫХ И БЕЗЛИСТОЧКОВЫХ ГЕНОТИПОВ ГОРОХА

Particularity of protection from oxidative hurts in leaflets and unleaflets peas genotypes

Новикова Н.Е., Фенин Д.М.

Орловский государственный аграрный университет; ул. Генерала Родина, 69,
302019 Орел, тел.: (4862)454106

E-mail: *novik302@mail.ru*

В современных условиях земледелия исключительно большое значение имеет архитектура сельскохозяйственных растений с точки зрения пригодности сортов к возделыванию по интенсивным технологиям. В этом отношении в производстве зерна гороха достигнут существенный сдвиг на основе использования в селекции мутантных генов: низкостебельности, усатого типа листа, детерминантного роста стебля. С позиций физиологии растений улучшение морфологической структуры позволяет повысить эффективность использования

растительным покровом солнечной радиации, воды и питательных веществ из почвы, уменьшить конкуренцию между растениями, улучшить адаптацию к загущению.

В настоящее время предпочтение отдается сортам гороха с усатым типом листа, устойчивым к полеганию и пригодным для уборки однофазным способом. Однако, наряду с положительными сторонами, наметилась отрицательная тенденция: более низкая экологическая устойчивость сортов, созданных на основе безлисточковости. Наши многолетние исследования показали, что сорта гороха с усатым типом листа, рекомендованные для возделывания в Центрально-Черноземном регионе России, более значительно варьируют по урожайности в разные по погодным условиям годы, по сравнению с листочковыми сортами. За 9 лет исследований максимальная урожайность превышала минимальную у безлисточковых сортов Норд и Орлус в 4,8-6,4 раза, а у листочковых сортов Орловчанин и Труженник – в 3,1-3,4 раза, при этом наибольшее понижение продуктивности отмечалось в годы с жаркой засушливой погодой.

Устойчивость растений к дефициту влаги и перегреву обеспечивается комплексом физиолого-биохимических механизмов. К неспецифическим механизмам устойчивости относится антиоксидантная система защиты, роль которой заключается в нейтрализации активных форм кислорода. Последние, накапливаясь в избыточных количествах во время стрессового воздействия, могут вызывать окислительные повреждения жизненно важных структур клетки.

Система защиты растений от окислительных повреждений включает ферментативный и не ферментативный компоненты. К неферментативным антиоксидантам относятся аскорбиновая кислота, пролин, глутатион, каротиноиды, рибофлавин и другие низкомолекулярные органические соединения, связывающие агрессивные формы кислорода. К важнейшим ферментам этой системы относятся каталаза и пероксидаза.

В 2008-2010 годах в опытах исследовали 10 сортов гороха, представляющих листочковый и безлисточковый морфотипы. Согласно полученным данным, в фазе цветения безлисточковые сорта гороха уступали листочковым по активности пероксидазы в листьях на 27%, по активности каталазы – на 38%. В группе безлисточковых генотипов повышенной активностью ферментов отличались Стабил и УсП-393. Сорта разных морфологических типов различались по содержанию аскорбиновой кислоты в листьях, наибольшая концентрация которой наблюдалось в период цветения-начала формирования бобов. Её содержание в усиках было в среднем на 40% более низким, по сравнению с листочками. Оно составляло, в зависимости от сорта, 20,6–25,6 мг%, против 30,7–44,3 мг% у листочков. Аналогично, усики уступали обычным листочкам по содержанию каротиноидов, которые важны для стабилизации пигментной системы растений (в среднем на 26%), но у сортов Стабил, Фараон и УсП.-393 значения были выше, чем у других сортов этого морфотипа. Наблюдалось более низкое содержание в усиках рибофлавина.

Полученные данные свидетельствуют о более высокой эффективности системы антиоксидантной защиты у листочковых генотипов гороха, по сравнению с безлисточковыми, что позволяет им более устойчиво формировать урожайность в разные по агрометеорологическим условиям годы. Вместе с тем, наличие различий у безлисточковых сортов по изученным показателям свидетельствует о возможности улучшения в определенных пределах адаптивных свойств растений этого морфотипа.

УЛУЧШЕНИЕ ПРОДУКЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА NANO-Stim и NANO-Gro

Орехова А.Н.¹, Диденко Н.В.¹, Кириченко Е.Б.², Курилов Д.В.³

¹Ставропольский НИИ сельского хозяйства РАСХН, Михайловка.

E-mail: *genalla@rambler.ru*

²УРАН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва.

E-mail: *evkir@list.ru*

³УРАН Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН, Москва.

E-mail: *kur_dv@mail.ru*

В предыдущих исследованиях, выполненных в лабораторных экспериментах на озимой пшенице (сорт ГБС 4-97 и пшенично - элимусный гибрид ПЭГ 149), было показано, что регуляторы роста растений NANO-Stim [1] и NANO-Gro [2] проявляют выраженную физиологическую активность, повышая энергию прорастания зерновок при пониженной температуре +4°C ÷ +5°C. В опытах 2009 г и 2010 г, выполненных в полевых экспериментах на Ставрополье, нами установлен положительный эффект предпосевной обработки зерновок регуляторами роста на формирование фондов фотосинтетических пигментов и продукционные свойства растений озимой пшеницы (сорт Дар Зернограда). Условия сильной засухи лета 2010 г способствовали раскрытию преимуществ адаптогенных свойств регулятора NANO-Stim по сравнению с регулятором NANO-Gro, проявившего положительное, но менее значительное действие.

Регулирование динамики продукционного процесса у озимой пшеницы в посеве, направленное на повышение его уровня и, в особенности, качества зерна, является центральной задачей отечественного агропромышленного комплекса. Применение регуляторов роста в системе инновационных технологий возделывания озимой пшеницы признано в качестве приоритетного подхода. Мы исследовали физиологический эффект двух регуляторов роста нового поколения NANO-Stim и NANO-Gro в экспериментах с высшими растениями. Первый регулятор был получен и испытан в совместной работе сотрудниками ГБС РАН, ИОХ РАН и ИНЭОС РАН [1]. Второй регулятор был предложен компанией AgroNanotechnologies Corp.(USA), испытан в ГБС РАН и получил Государственную регистрацию 25 марта 2009 г, включён в госреестр агрохимикатов, разрешённых к использованию на всей территории РФ [2]. Предварительные результаты изучения биологической активности этих препаратов были доложены в докладах на II Форуме по нанотехнологиям (2009г).

Целью настоящего исследования была оценка действия регуляторов роста NANO-Stim и NANO-Gro при предпосевной обработке зерновок на продукционные свойства озимой пшеницы (сорт Дар Зернограда) в полевых условиях Ставрополья.

В настоящем докладе представлены обобщённые итоги исследований 2009 г и 2010 г.

Схема опыта включала три варианта:

1. Контроль (дистиллированная вода);
2. NANO-Stim (10^{-9} M);
3. NANO-Gro (10^{-9} M).

Объектом исследования являлся сорт Дар Зернограда. Зерновки опытных вариантов перед посевом выдерживали в растворах регуляторов роста в течение 24 ч, а контрольного варианта выдерживали в дистиллированной воде аналогичный по продолжительности период времени. Посев проводили малогабаритной сеялкой в середине октября 2009 г. Норма высева 500 растений на m^2 . Площадь делянки одной повторности – $6m^2$. Опыт проводили в трёх повторностях, т.е., площадь посева каждого варианта составляла $18m^2$.

Ростовые процессы оценивали морфометрическим способом. Количественное определение содержания хлорофиллов а и b в листьях и побегах + колос проводили по методу Lichtenthaler and Wellburn [3]. Продукционные характеристики определили методом снопового анализа. Качество зерна определили в соответствии с требованиями ГОСТа. Все указанные определения были выполнены в трёх биологических и трёх аналитических повторностях.

В предварительном эксперименте было показано, что испытуемые регуляторы повышают свойства холодостойкости и зимостойкости растений озимой пшеницы в осенне-зимний период (неопубликованные данные). Благодаря этому опытные растения выходят из зимовки более жизнеспособными и при возобновлении вегетации ранней весной проявляют более высокую активность роста вегетативных органов.

В данном эксперименте в процессе вегетации регулятор роста NANO-Stim в большей мере, чем NANO-Gro стимулировал синтез и накопление хлорофиллов. На VI этапе органогенеза содержание хлорофиллов в листьях превышало на 16%, а в стебле на 37% содержание фотосинтетических пигментов в органах контрольных растений. Площадь ассимиляционной поверхности листьев 1 растения превышала контроль на 24%, стебля - на 13%. Биомасса зерна одного растения в опытном варианте превосходила контроль на 23%. Аналогичные продукционные показатели по варианту регулятора NANO-Gro были менее существенными, поэтому конечный урожай зерна одного растения превысил контроль на 10 %. В опыте 2009г NANO-Gro повысил биомассу зерна на 27%. При существенном повышении выхода зерна регуляторы не вызвали снижения клейковинных белков, а в варианте с NANO-Stim содержание клейковины возросло на 1% (её содержание в контроле было равно 31,0%).

Мы констатируем, что положительное действие регулятора NANO-Stim на продукционные свойства озимой пшеницы в условиях крайне засушливого

2010 года обуславливают экономическую оправданность технологического мероприятия по предпосевной обработке зерновок пшеницы, а с физиологической точки зрения выявленный эффект нам представляется заслуживающим детального дальнейшего исследования и расшифровки.

Литература:

1. Кириченко Е.Б., Ямсков И.А., Курилов Д.В. Новый нанобиорегулятор NANO-Stim: физиологическая активность, сфера применения // Второй Международный форум по нанотехнологиям. - М.: Rusnanotech, 2009. - С.579.

2. Смирнова И.М, Енина О.Л., Орехова А.Н., Олехнович Л.С. Физиологическая активность нанобиорегулятора Nano-Gro на примере ризогенеза роз и прорастания зерновок пшеницы // Второй Международный форум по нанотехнологиям. - М.: Rusnanotech, 2009. - С. 938-939.

3. Lichtenthailer H.K., Wellburn A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents // Biochem. Soc. transactions. – 1983. – V. 603. – P. 591 – 592.

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЛЕКТИНОВ В РАСТЕНИЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ, ИНОКУЛИРОВАННЫХ ФОСФАТМОБИ- ЛИЗИРУЮЩИМИ МИКРОБНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ, ПРИ ИНФИЦИ- РОВАНИИ *PSEUDOCERCOSPORELLA HERPOTRICHOIDES*

Changes in lectin activity in winter wheat plants treated with microbe preparations under *Pseudocercospora herpotrichoides* infection

Панюта О.А. *, Белова В.Н. *, Токмакова Л.Н. **, Таран Н.Ю. *

* Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко;
ул. Владимирская 64, 01601 Киев, Украина, тел.:(044)5221427

** Институт сельскохозяйственной микробиологии Украинской академии аграрных наук; ул. Шевченко 97, 14027 Чернигов, Украина, тел.:(04622)32757

E-mail: panyuta@ukr.net, v987@ukr.net, fosfor@ok.net.ua, tarantul@univ.kiev.ua

Среди факторов, ограничивающих возможность реализации генетически детерминированного потенциала продуктивности озимой пшеницы, важное место занимают болезни. Наиболее эффективным методом защиты озимой пшеницы и сельскохозяйственных растений, в целом, от инфекционных заболеваний является химический. Однако этот метод кроме значительных достоинств имеет ряд существенных недостатков – это ухудшение экологического состояния агроценозов и снижение биологической чистоты сельскохозяйственной продукции. В этой связи особую актуальность приобретает поиск экологически безопасных способов защиты растений, действие которых основано на повышении естественной устойчивости растений к болезням. Общеизвестно, что обеспеченность растений калием, фосфором и микроэлементами способствует повышению устойчивости растений ко многим болезням. В связи с этим целью нашей работы было исследование влияния фосфатмобилизирующих микробных препаратов на взаимодействие растение–патоген.

Реакцию растений озимой пшеницы сорта Полесская 90, инокулированных микробными препаратами, на инфицирование возбудителем церкоспореллёза

Pseudocercospora herpotrichoides (Fron) Deighton оценивали по изменению гемагглютинирующей активности лектинов (АЛ) в листьях.

Для предпосевной обработки семян использовали водную суспензию препаратов Полимиксобактерин и Альбобактерин из расчёта 3,0 л суспензии на 200 кг зерновок пшеницы.

В фазу кушения растения выкапывали с большим комом земли и переносили в пластиковые контейнеры. После адаптации (1 неделя) опытные образцы инфицировали суспензией конидий *P. herpotrichoides*, а контрольные – обрабатывали дистиллированной водой. Растительный материал для анализов отбирали в динамике инфекции через 2, 6 и 9 суток после инфицирования.

АЛ определяли методом ратусэритроагглютинации. АЛ рассчитывали как величину, обратную минимальной концентрации белка, при которой происходит агглютинация эритроцитов (мкг белка/мл)⁻¹. Содержание белка в экстрактах определяли по Бредфорд.

Сравнение изменения АЛ в листьях контрольных и опытных растений пшеницы на инфекционном фоне показало, что у инокулированных микробными препаратами растений, наблюдалось существенное снижение АЛ на 2-е сутки (24,7 % относительно контроля), однако на 6-9-е сутки АЛ постепенно возрастала до уровня контроля (48,28 % и 115,90 % соответственно).

У растений пшеницы, выращенных из семян, обработанных Полимиксобактерином, после инфицирования *P. herpotrichoides* АЛ резко снижалась на 2-е сутки (29,14 %) и продолжала снижаться на 6-е сутки (12,80 %), однако в течение 6-9-х суток активность лектинов почти не менялась и на 9-е сутки составляла 17,19 % по отношению к инокулированному контролю.

У растений пшеницы, полученных из семян, обработанных Альбобактерином, на инфекционном фоне наблюдалось несущественное возрастание АЛ на 2-е сутки, однако на 6-9-е сутки АЛ уменьшалась ниже контрольных значений (116,67 %, 38,67 % и 33,58 % к инокулированному контролю соответственно).

Таким образом, в случае применения фосфатмобилизирующих препаратов Полимиксобактерин и Альбобактерин АЛ в листьях озимой пшеницы сорта Полесская 90 при инфицировании *P. herpotrichoides* была ниже, чем у неинфицированных растений. Тогда как у инокулированных препаратами растений на инфекционном фоне АЛ после временного снижения возрастала до уровня контроля. Учитывая тот факт, что согласно современным представлениям, устойчивые генотипы злаков отличаются более низкой АЛ на инфекционном фоне по сравнению с контролем, можно сделать предварительный вывод, что предпосевная обработка семян фосфатмобилизирующими микробными препаратами Полимиксобактерин и Альбобактерин повышает устойчивость озимой пшеницы к *P. herpotrichoides*. Однако этот вопрос требует дальнейшего изучения.

ОСОБЕННОСТИ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ

**Прохоров В.Н.*, Ламан Н.А.*, Росоленко С.И.*, Тимофеева И.В.*,
Шашко К.Г.***, Холодинский В.В.*****

* ГНУ «Институт экспериментальной ботаники им.В.Ф.Купревича НАН Беларуси»; Беларусь, г.Минск, ул.Академическая,27. Тел:+375(017)2-84-14-70

** РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»
Беларусь. г.Жодино, ул.Тимирязева 1. Тел:+375(01775)3-40-06.

E-mail: bot277@biobel.bas-net.by

Исследования продукционного процесса агрофитоценозов различных культур, представляющих собой сложные фотосинтезирующие системы объединенных ценотическим взаимодействием растений, весьма актуальны как в теоретическом, так и в практическом отношении. Между характером развития такой системы и ее конечной продуктивностью существует сложная функциональная взаимосвязь, определяемая рядом факторов. Для понимания особенностей этой взаимосвязи необходимы показатели оценки состояния каждого из слагающих продукционного процесса, что позволит не только объективно характеризовать складывающуюся ситуацию в ценозе, но и оперативно оказывать воздействие на направленность продукционных процессов. Исследования закономерностей формирования агрофитоценозов являются основополагающими в создании теории высоких урожаев.

В этой связи цель исследований – изучение хода продукционного процесса агрофитоценозов ярового тритикале и его влияния на формирование биологической продуктивности. Объектами исследований служили сорт ярового тритикале белорусской селекции Лана и сорт польской селекции Мешко. Полевые опыты проводили на стационаре РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

В течение вегетационного периода пробы отбирали на следующих фазах развития ярового тритикале: начало кущения, полное кущение, выход в трубку, колошение, цветение, налив зерна и полная спелость. Динамику продукционных процессов изучали по комплексу морфофизиологических показателей (таблица).

По результатам исследований сделан анализ более 50 морфофизиологических показателей, определяющих направленность хода продукционного процесса и построена корреляционная матрица их связи с хозяйственной продуктивностью посевов.

Установлено, что наиболее тесные корреляционные связи между морфофизиологическими показателями и конечной продуктивностью имеют место в межфазный период «полное кущение - начало выхода в трубку».

Таблица – Корреляционная матрица связи морфофизиологических показателей продукционного процесса с хозяйственной продуктивностью посевов ярового тритикале

Показатели	Фазы развития			
	Выход в трубку		Колошение	
Количество растений на 1 м ²	0,695		0,889	
Сырая надземная биомасса на 1 м ²	-0,080		0,591	
% сухого вещества в растении	-0,756		-0,018	
Сухая надземная биомасса на 1 м ²	-0,268		0,813	
Сухая биомасса 1-го растения	-0,419		-0,363	
Общее количество побегов на 1 м ²	-0,012		0,519	
Общее количество продуктивных побегов на 1 м ²	-		0,922	
Общая кустистость	-0,376		-0,463	
Продуктивная кустистость	-		-0,214	
Площадь листьев 1-го растения	-0,141		-0,588	
Листовой индекс	0,392		0,636	
Количество листьев на 1 растение	-0,398		-0,492	
Количество листьев на 1 побег	-0,329		0,086	
Площадь 1-го листа	-0,145		-0,286	
Сухая биомасса колосьев на 1 растение	-		-0,343	
Сухая биомасса 1 колоса	-		-0,208	
Количество колосков /колос	-		-0,077	
Количество колосков /растение	-		-0,234	
Доля листьев в общей биомассе	-		-0,994	
Доля колосьев в общей биомассе	-		0,019	
Доля стебля в общей биомассе	-		0,973	
Содержание хлорофилла «а»	-0,023		0,330	
Содержание хлорофилла «в»	-0,681		0,347	
Отношение хлорофиллов а/в	0,825		-0,527	
Содержание каротиноидов	0,046		0,108	
Сумма хлорофиллов а и в	-0,194		0,334	
Сумма хлорофиллов а и в на 1 растение	-0,367		-0,214	
Хлорофилловый индекс	-0,265		0,821	
Высота растения	0,62		0,670	
Гетерогенность растений по высоте	-0,283		-0,135	
Удельная поверхностная плотность листьев	0,266		-0,243	
Содержание общего азота в растении	-0,275		0,088	
	Межфазные периоды			
	Н-К	К-В	В-Кл	Кл-Ц
Листовой фотосинтетический потенциал	0,387	0,504	0,597	0,507
Хлорофилловый фотосинтетический потенциал	0,387	0,973	0,705	0,532
ЧПФ в расчете на единицу листовой поверхности	-0,387	-0,838	0,468	-0,903
ЧПФ в расчете на единицу хлорофилла	-0,387	-0,843	0,428	-0,838
Относительные приросты сухой надземной биомассы	-0,842	0,993	-0,929	-0,036

Условные обозначения: Н – начало кушения, К – полное кушение, В – выход в трубку, Кл – колошение, Ц – цветение.

Наибольшие величины коэффициентов корреляции характерны в этот период для таких показателей как надземная биомасса и ее относительный прирост, количество побегов на единице площади, хлорофилловый индекс, хлоро-

филловый и листовой фотосинтетические потенциалы посева, чистая продуктивность фотосинтеза в расчете на единицу листовой поверхности и единицу хлорофилла. Так, максимальное значение коэффициента корреляции между приростами сухой надземной биомассы агрофитоценозов ярового тритикале и их хозяйственной продуктивностью в этот период составляет +0,993. Это указывает на определяющую роль характера развития растений на данном этапе онтогенеза в формировании конечной продуктивности агрофитоценозов. Коэффициент корреляции между суммарным хлорофилловым фотосинтетическим потенциалом посева и хозяйственной продуктивностью составляет +0,689, что свидетельствует об высокой значимости данного показателя в прогнозировании продуктивности данной культуры. Максимальное значение коэффициента корреляции в межфазный период полное кущение – выход в трубку составляет +0,973, что позволяет предложить данный показатель в качестве критерия для составления прогнозов.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ И ПРОДУКЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ У НОВЫХ СОРТОВ РИСА

Photosynthetic and production processes in new rice varieties

Скаженник М.А., Воробьев Н.В., Ковалев В.С., Пшеницына Т.С.

ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт риса РАСХН
353921 г. Краснодар, п/о Белозерное, тел.:(861)2294303, факс: (861)2294198
E-mail: sma_49@mail.ru

Повышение урожайности новых сортов многие исследователи видят в совершенствовании донорно-акцепторных отношений у растений в направлении усиления потоков ассимилятов из вегетативных в репродуктивные органы, обуславливающие образование высокопродуктивного плодonoса (колоса, метелки), и увеличивающего долю зерна в общей биомассе побега и посева. Успехи селекции зерновых культур на повышение урожайности сортов в основном связаны с реализацией этого распределения ассимилятов, приведшего к значительному росту коэффициента хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз.}$). Однако его физиологические механизмы исследованы недостаточно, что является главной задачей физиологов ВНИИ риса.

В течение последних четырех лет (2006-2009 гг.) в лаборатории физиологии у 9 новых сортов и трех образцов с эректоидными листьями изучены фотосинтетические и продукционные процессы посевов на разных фонах минерального питания. Установлено, что по интенсивности и продуктивности фотосинтеза растений сорта различались мало, но формировали разную хозяйственную урожайность. Причиной этого является разная доля использования ассимилятов растения на образование генеративных органов и элементов продуктивности метелки. У более высокоурожайных сортов – Виктория, Гамма, Рапан наблюдается повышенный уровень притока пластических веществ к формирующемуся плодonoсу главного побега, обуславливая его высокую потенциальную продуктивность. В основе данной особенности лежит усиленное апикальное доминирование этого побега в период формирования метелки, оно также повышает

накопление запасных углеводов в стеблях растений, используемых ими при наливе зерновок, вызывает ограничение общего кущения растений и увеличивает редукцию образовавшихся боковых непродуктивных побегов, пластические вещества которых используются на образование структур метелок. Сформировавшиеся более продуктивные метелки главных побегов у названных сортов по механизму обратной связи в период налива зерновок усиливают “запрос” на ассимилянты и вызывают повышение продуктивности фотосинтеза листьев путем увеличения их фотосинтетического потенциала. Это приводит к росту коэффициента хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз.}$), тесно связанного с урожайностью генотипов. В связи с этим рекомендовано селекционерам шире использовать показатель $K_{хоз.}$ при оценке образцов риса на продуктивность.

Значительное место в исследованиях лаборатории физиологии отведено изучению образцов с эректоидными листьями, как возможных источников повышенной продуктивности. Установлено, что у таких образцов, созданных селекционером Г.Л. Зеленским и используемых им для создания генотипов с очень высокой урожайностью (15-16 т/га для умеренной по климату зоне риса), наблюдаются свои особенности в распределении ассимилятов по органам побега. Основная их масса у этих образцов транспортируется к вновь формирующимся листьям и стеблю главного побега, вызывая их мощное развитие и ослабляя формирование продуктивных структур метелки. Одновременно усиливается редукция боковых побегов, пластические вещества которых используются на образование органов главного побега. В результате образуются посеvy с недостаточной густотой продуктивного стеблестоя и невысокой озерненностью метелок, что не позволяет этим образцам сформировать высокую урожайность. В результате проведенных исследований установлен целый ряд физиолого - морфобиометрических признаков у растений, имеющих связь с продуктивностью генотипов риса и используемых при оценке селекционных образцов и разработке модели интенсивного сорта риса.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТИВНОСТИ И ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СОРТОВ ОВСА РАЗНЫХ ЦЕНТРОВ СЕЛЕКЦИИ

Смирнова Э.А., Бахтенко Е.Ю.

Вологодский государственный педагогический университет, г. Вологда,
ул. С.Орлова, 6, тел. 88172769196

E-mail: *lina-smirnova35@yandex.ru; bakhtenko@yandex.ru*

Фотосинтетическая деятельность растений в посевах является основным фактором, определяющим формирование урожая сельскохозяйственных культур. Ее изучение позволяет выявить и оценить показатели, положительно и отрицательно воздействующие на продуктивность. Для выведения высокопродуктивных сортов овса важным представляется изучение фотосинтетической деятельности и продуктивности растений из разных центров селекции, что и является целью настоящей работы.

В качестве объектов исследования были выбраны сорта овса посевного *Avena sativa* L. из коллекции ВНИИР им. Н.И. Вавилова, относящиеся к разным центрам селекции: *Аргамак* (Кировская область), *Margam* (Великобритания), *ОМ-1621* (Чехия), *Borrus* (Германия), *Webster* (США). Сорта *Аргамак* и *Borrus* являются районированными в Вологодской области.

Исследования проводились в 2000-2010 гг. на учебно-опытном поле Вологодского государственного педагогического университета. Растения выращивались в условиях полевого мелкоделяночного опыта. В процессе исследования измерялись биометрические показатели в основные фазы онтогенеза, фотосинтетические показатели: содержание хлорофилла мг/г сухой массы, хлорофилловый индекс (ХИ) мг/растение, чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) г сухой массы / м² листовой поверхности в сутки. Осенью оценивались элементы структуры урожая: масса зерна с растения, озерненность метелки, масса 1000 зерен. В статье анализируются данные 2009 года.

Следует отметить разницу между сортами в структуре урожая (табл. 1). Наибольшая зерновая продуктивность наблюдается у районированных сортов (*Аргамак* и *Borrus*). Из сортов иностранной селекции наибольшую массу зерна имеет сорт американской селекции *Webster*. Зерновая продуктивность складывается из разных элементов урожая. Так, высокая продуктивность районированных сортов обуславливается большой озерненностью метелки (51-54). Сравнительно большая продуктивность с. *Webster* объясняется высокой массой 1000 зерен. Кроме того, у районированных сортов боковые побеги превышают главные по массе зерна. Боковые метелки сортов иностранной селекции зачастую не успевают созреть в условиях Вологодской области. Сорта, имеющие наибольшую зерновую продуктивность, также отличаются самой низкой пленчатостью зерна, что делает его более ценным в пищевом отношении. Наименьшая урожайность проявляется у с. *Margam*, что связано с низкой озерненностью метелки и массой 1000 зерен. У всех сортов, кроме с. *Margam*, проявляется компенсационный эффект между озерненностью и массой 1000 зерен.

Таблица 1

Структура урожая сортов овса разных центров селекции

Показатель		<i>Аргамак</i> (Россия)	<i>Borrus</i> (Германия)	<i>Margam</i> (Чехия)	<i>Webster</i> (США)	<i>ОМ-1621</i> (Чехия)
Масса зерна, г	главный побег	1,64 ±0,25	1,61 ±0,66	0,58±0,12	1,51±0,05	1,39±0,05
	боковые побеги	1,90 ±0,09	2,30 ±0,11	0,87±0,17	1,23±0,29	1,13±0,12
	растение	3,54 ±0,34	3,91±0,18	1,45±0,29	2,74±0,34	2,52±0,22
Число зерен главного побега, шт.		54±7	51±3	35±7	37±2	44±3
Масса 1000 зерен, г		30,26 ±1,75	31,80 ±1,22	25,40±0,38	41,28±0,26	32,03±0,50
Пленчатость, %		27,87	-	55,34	28,08	34,03

При анализе фотосинтетической деятельности следует отметить общие закономерности. У всех сортов максимальное содержание хлорофилла наблюдается в листьях в фазу цветения (1,97-3,30 мг/г сухой массы). В ходе онтогенеза

происходит увеличение ХИ (табл. 2). При этом уменьшается вклад листьев в формирование ХИ (в среднем с 77% до 38 %), а вклад стеблей возрастает (в среднем с 23% до 48%). Вклад метелок положительно коррелирует с зерновой продуктивностью ($r = +0,86$). Наибольшие значения ЧПФ характерны для периода кущение-трубкование. В целом наибольшее содержание пигментов отмечено в тканях у сортов *ОМ-1621* и *Аргамак* (1,08-3,30 и 0,83-3,08 мг/г сухой массы соответственно), а наименьшее – у с. *Margam* (0,86-2,67 мг/г сухой массы).

В отличие от других сортов, для с. *Borrus* характерно наибольшее содержание хлорофилла в ф. трубкования, что, возможно, является одной из причин высокой продуктивности (табл. 1). На протяжении всех фаз онтогенеза с. *Webster* отличается самым низким ХИ, однако имеет наибольшую ЧПФ, что свидетельствует о высокой производительности фотосинтетического аппарата. В то же время сорта *ОМ-1621* и *Аргамак* имеют наиболее высокий ХИ (табл. 2), что согласуется с большим содержанием пигментов.

Таблица 2

Хлорофилловый индекс (мг хлорофилла/растение) и чистая продуктивность фотосинтеза (г/м² в сутки)

Показатель		<i>Аргамак</i> (Россия)	<i>Borrus</i> (Германия)	<i>Margam</i> (Чехия)	<i>Webster</i> (США)	<i>ОМ-1621</i> (Чехия)
Кущение	ХИ	1,58	1,41	1,21	0,84	1,57
	ЧПФ	18,64	19,21	19,51	19,72	22,16
Трубкавание	ХИ	11,55	10,51	9,29	6,81	8,20
	ЧПФ	34,73	26,26	27,95	35,79	19,82
Цветение	ХИ	14,44	9,65	9,93	9,62	20,01
	ЧПФ	1,16	4,66	9,01	16,55	15,32

Полученные данные позволяют судить об общих закономерностях и отличительных особенностях фотосинтетической деятельности и формирования продуктивности сортов овса разных центров селекции.

БЕЛКИ КЛЕТОЧНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЭНДОФИТНОГО СИМБИОНТА ПШЕНИЦЫ *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* SP245

Surface proteins of the wheat endophytic symbiont *Azospirillum brasilense* Sp245

Соболева Е.Ф., Антонюк Л.П., Тугарова А.В.

Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН;
пр. Энтузиастов 13, 410049 Саратов, тел.: (8452)970403, факс: (8452)970383

E-mail: sobolevae@inbox.ru

Урожай возделываемых культур во многом зависит от микробного состава ризоценоза, т.к. ризобактерии способны продуцировать для растения-хозяина фитогормоны и другие, биологически активные вещества, улучшать его азотное питание за счет азотфиксации, повышать стрессоустойчивость растений и защищать их от патогенов. Выяснение закономерностей формирования эффективных ризо-

симбиозов – важная задача для разработки биотехнологий, основанных на использовании рост-стимулирующих ризобактерий.

При изучении молекулярных взаимодействий пшеницы и ее природного эндофита *Azospirillum brasilense* Sp245 было установлено, что агглютинин зародышей пшеницы (АЗП) – лектин, экскретируемый корнями в места скопления азоспирилл, изменяет метаболизм этой бактерии, стимулируя те бактериальные процессы, которые важны для рост-стимулирующего действия микросимбионта [1]. АЗП рецептируется на поверхности клетки и индуцирует плеiotропный ответ бактерии на лектиновый сигнал, усиливая, в том числе продукцию фитогормона ИУК, азотфиксацию и изменяя клеточную поверхность (возрастает гемагглютинирующая и индуцируется гемолитическая активность клеток). В задачи данной работы входило выделение двух поверхностных белков *A. brasilense* Sp245 – АЗП-связывающего (глико)протеина и гемагглютинина с молекулярной массой 40 кД, а также определение специфичности последнего.

Клетки *A. brasilense* Sp245 выращивали в жидкой культуре на малатно-солевой среде в течение 18 часов. Схема выделения и очистки включала: экстракцию поверхностных полимеров по методу Эшдата, фракционирование сульфатом аммония (45%) и хроматографию на колонке DEAE-Toyopearl 650M (Toyo Soda, Japan) [2]. Для элюции полимеров использовали фосфатно-солевой буфер (ФСБ, pH 7,2) и 0,1 N CH₃COOH (pH 3,8). Выход белковых фракций регистрировали на приборе Uvicord SII (LKB, Sweden) при 278 нм. Элюированные с колонки белки тестировали в реакции гемагглютинации с нативными и трипсинизированными эритроцитами кролика [2] и методом дот-анализа. При дот-анализе 1,5 мкл образца наносили на нитроцеллюлозную мембрану (Schleicher & Schuell); блокировка свободных сайтов была проведена с использованием 0,05% полиэтиленгликоля 20000. В качестве метки использовали АЗП, конъюгированный с коллоидным золотом или с пероксидазой хрена (Sigma).

Хроматограмма содержала 4 хорошо разрешенных пика. Белковая фракция, проявляющая АЗП-связывающую активность, обнаруживалась во 2-м пике (она элюировалась при использовании ФСБ). При смене элюента на 0,1 N CH₃COOH с колонки смывалась фракция, содержащая гемагглютинирующую активность (соответствовала 4-му пику хроматограммы). Для оценки степени очистки выделяемых полимеров полученные в ходе хроматографии препараты анализировали в денатурирующем электрофорезе. Препарат гемагглютинина был электрофоретически гомогенным и представлял собой термоустойчивый гликопротеин с молекулярной массой около 40 кДа. Анализ углевод-связывающей специфичности гемагглютинина показал, что он, как и АЗП, обладает высоким сродством к N-ацетил-D-глюкозамину. Электрофорез выявлял во фракции с АЗП-связывающей активностью ряд полипептидных полос, т.е. препарат содержал балластные белки и нуждался в дальнейшей очистке.

Таким образом, разработана схема очистки, позволяющая в рамках одного протокола выделять сразу два поверхностных белка *A. brasilense* Sp245, предположительно вовлеченных во взаимодействие этой эндофитной бактерии с растительным лектином (АЗП): АЗП-связывающий белок и собственный лектин азос-

пириллы с молекулярной массой 40 кД. Разработанная схема позволяет получить полностью очищенный, т.е. электрофоретически гомогенный лектин азоспириллы и частично очищенный (глико)протеин, связывающий АЗП с высокой аффинностью.

В более ранних экспериментах [2] установлено, что клетки *A. brasilense* Sp245, спустя несколько часов после взаимодействия с АЗП, имеют в 4-8 раз более высокую гемагглютинирующую активность, чем клетки контрольной культуры. Предполагается, что этот эффект АЗП обусловлен экспонированием на клеточной поверхности азоспириллы собственного 40-килодальтонного лектина. Тот факт, что лектин *A. brasilense* Sp245, аналогично АЗП, специфичен к N-ацетил-D-глюкозамину, позволяет также предположить, что в условиях симбиоза «пшеница-азоспирилла» бактериальный лектин может выполнять те же функции, что и растительный (АЗП). Известно, что лектин азоспириллы, подобно АЗП, экскретируется в окружающую среду [2]. С другой стороны, целым рядом исследователей подтверждено, что активность АЗП как молекулярного сигнала обусловлена его специфичностью к N-ацетил-D-глюкозамину и другие лектины с такой же специфичностью вызывают у азоспирилл такие же эффекты, как и АЗП.

Ясное понимание механизма установления молекулярных основ взаимоотношений симбионтов позволило бы лучше познать многообразие связей между организмами в азотфиксирующем симбиотическом микробно-растительном сообществе.

Литература:

1. Антонюк Л.П., Игнатов В.В. О роли агглютинина зародышей пшеницы в растительно-бактериальном взаимодействии: гипотеза и экспериментальные данные в ее поддержку // Физиология растений. - 2001. - Т. 48. - № 3. - С. 427-433.

2. Соболева Е.Ф., Антонюк Л.П., Остахина Н.В. Игнатов В.В. Изучение гемагглютинина эндофитной бактерии *Azospirillum brasilense* Sp245. в связи с рецепцией лектина пшеницы на поверхности азоспириллы // Вопросы биологии и экологии, химии и методики обучения. – Саратов, 2001г. - Вып. 4. - С. 68-71.

ВЛИЯНИЕ ЛИПОПОЛИСАХАРИДОВ ПОВЕРХНОСТИ КЛЕТОК МИКРООРГАНИЗМОВ РОДА *AZOSPIRILLUM* НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

**Effect of cell surface lipopolysaccharides from microorganisms of the genus
Azospirillum on wheat seedling development**

Соколова М.К., Ильчуков В.В.

Учреждение Российской академии наук Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН, пр-т Энтузиастов 13, 410049 г.Саратов, тел.: (8452) 970-403, факс: (8452) 970-444 E-mail: vvilchukov@ibppm.sgu.ru

Бактерии рода *Azospirillum* формируют ассоциативные и эндофитные симбиозы со многими злаковыми растениями, в том числе и с пшеницей. Кроме высокой азотфиксирующей активности они способны продуцировать фитогормоны и другие физиологически активные соединения и тем самым могут ока-

зывать положительное влияние на развитие растений. В последнее время в качестве возможного биологического активного элемента начинают рассматривать полимерные соединения, продуцируемые микроорганизмами. В частности, это относится к комплексам, содержащим липополисахаридные компоненты. Однако, эффект этих соединений на развитие растений практически не изучен. В связи с этим целью данной работы было изучение действия липополисахаридов (ЛПС), выделенных с поверхности клеток бактерий рода *Azospirillum*, на развитие проростков пшеницы.

В качестве объектов исследования были использованы проростки и изолированные отрезки coleoptилей пшеницы сорта Саратовская 29 (*T. aestivum* L.). Препарат липополисахаридов (ЛПС) клеток микроорганизмов (*A. brasilense* штамм Sp 245). был любезно предоставлен ст.н.сотр., к.б.н. Бурьгиным Г.Л. (ИБФРМ РАН).

Для изучения влияния на развитие проростков 3-х суточные проростки пшеницы выращивали в течение четырех суток при +24⁰С в присутствии липополисахаридов (ЛПС). Для изучения влияния ЛПС на ростовые процессы отрезки coleoptилей инкубировали 18 часов при +24⁰С в чашках Петри в водном растворе, содержащем 1/10 раствора Кноппа, 0.5% сахарозы и 10 мг/л ИУК (контроль) или с добавлением ЛПС (опыт). Наблюдение за развитием корневых волосков проводили с помощью микроскопа «Leica» (Германия) с увеличением 360 раз.

Как видно из рис. 1 добавление в среду культивирования ЛПС оказывало положительное действие на развитие проростков, в частности, его надземной части.

Длина coleoptилей в опытных вариантах в среднем на 20-30% превышала такую по сравнению с контрольным вариантом. Необходимо отметить, однако, что при повышении концентрации ЛПС до 100 мг/л наблюдается одновременно и уменьшение толщины coleoptилей.

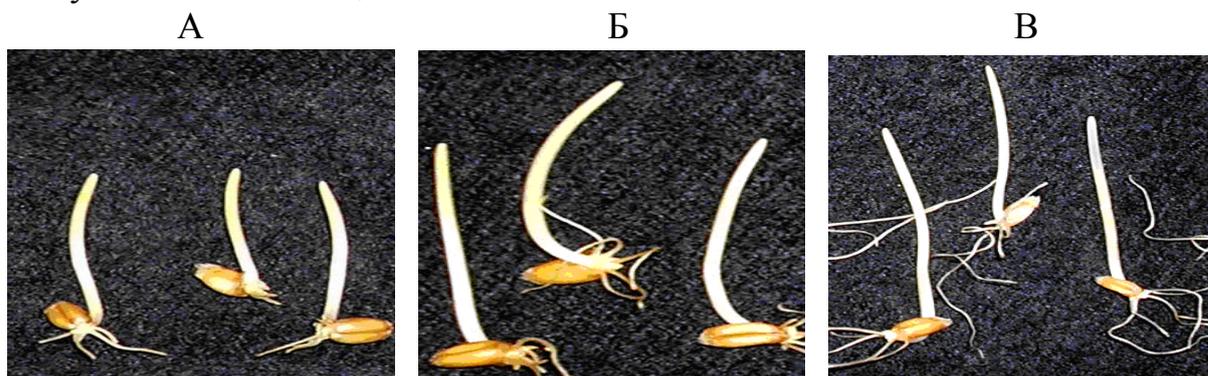


Рис. 1. 7-ми суточные проростки пшеницы сорта Саратовская 29.

А – контрольный вариант; Б – 4-х дневная инкубация 3-х дневных проростков в присутствии ЛПС (50 мкг/мл); В - 4-х дневная инкубация 3-х дневных проростков в присутствии ЛПС (100 мкг/мл).

В связи с таким эффектом мы предположили, что действие ЛПС на рост coleoptилей может быть непосредственно связан с механизмами роста растительной клетки, в частности, роста растяжением. Однако, инкубация изолиро-

ванных отрезков в присутствии ЛПС в диапазоне концентрации от 25 до 100 мкг/мл не оказывала существенного влияния на рост растяжением coleoptилей. Напротив, с повышением концентрации ЛПС наблюдается тенденция к подавлению ростовых процессов у coleoptилей. Другой аспект положительного эффекта ЛПС на развитие проростков пшеницы может быть связан с процессами поступления в растение питательных элементов. Действительно, как видно из рис. 2, при инкубации проростков пшеницы в присутствии ЛПС (50 мкг/мл) наблюдается увеличение числа корневых волосков на единицу поверхности корешка - «опушенность» корешка, но не выявляется значимого эффекта ЛПС на линейные параметры корешков.

Относительно механизма действия ЛПС на развитие проростков пшеницы мы предполагаем, что он опосредованно связан с изменением в растительных тканях и органах баланса лектинов. Последние, как известно, играют значимую роль в морфогенетических процессах у растений.

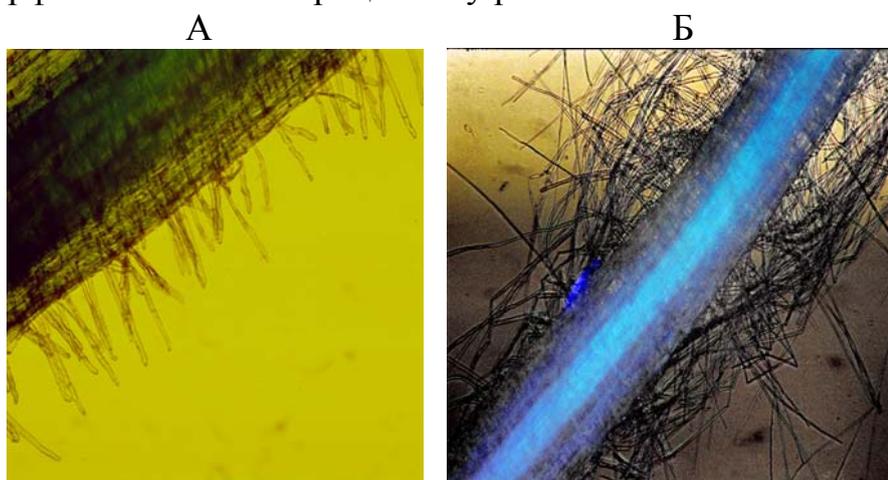


Рис. 2. Корешок 7-ми дневного проростка пшеницы сорта Саратовская 29. Зона всасывания. А – контроль; Б – опыт (ЛПС, 50 мкг/мл).

Таким образом, проведенные нами опыты показывают, что липополисахариды поверхности клеток микроорганизмов рода *Azospirillum* в диапазоне концентраций от 25 до 100 мкг/мл оказывают положительный эффект на развитие как надземной части, так и корневой системы проростков пшеницы.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ЧИСТАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА В ПОСЕВАХ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР (КОРМОВЫЕ БОБЫ, ЛЮПИН УЗКОЛИСТНЫЙ И СОЯ) В УСЛОВИЯХ ЦР НЗ

Photosynthetic potential and canopy net photosynthesis in legume crops (faba bean, lupine angustifoliate and soybean) in condition of Central region of non-chernozem area

Соколова С.С.

Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А.Тимирязева (РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева); ул. Тимирязевская, 49
127550 г. Москва, тел: (495)9761818, факс: (495) 976-18-25

E-mail: *CokolovaCC@yandex.ru*

Фотосинтетическая деятельность посевов в процессе вегетации непосредственно связана с накоплением биомассы, формированием урожая и продуктивностью растений [1,2].

Цель исследований – изучить некоторые особенности фотосинтетической деятельности посевов зернобобовых культур (кормовые бобы, люпин узколистный и соя) и их продуктивность. Исследования были проведены на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в 2007-2009 году. Размещение изучаемых вариантов методом рендомизации, повторность четырехкратная. В качестве объектов исследования были взяты следующие культуры и сорта: кормовые бобы сорт Мария, люпин узколистный - Кристалл, соя – Магева.

В процессе исследований определялись следующие показатели:

- фотосинтетический потенциал (ФП) рассчитывается графическим методом (по Ничипоровичу);
- чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) находилась путем деления прироста сухой биомассы за период на ФП этого периода;
- учет урожая производится методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14% влажности и 100% чистоте.

В ходе исследований выявлено, что виды зернобобовых культур имеют существенные различия по элементам фотосинтетической деятельности (табл. 1).

Показатель фотосинтетического потенциала (ФП) посевов тесно связан с величиной площади листьев и определяется продолжительностью её работы. Наибольший ФП за период вегетации во все годы исследований отмечался у сои, что объясняется её продолжительной вегетацией, и в благоприятные по метеорологическим условиям годы он составил 1,6-2,4 млн. м²/га (табл. 1). В засушливых условиях 2007 года ФП всех культур был очень низкий, особенно у кормовых бобов – 0,7 млн. м²/га. Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) в начале вегетации была более высокой, чем в последующие периоды, что связано с увеличением площади листьев и верхние листья сильнее затеняют нижние. В засушливом 2007 году ЧПФ была выше, чем в другие годы, что, очевидно,

связано с низкой площадью листьев и их хорошей освещённостью в течение вегетации. Во все годы проводимых исследований ЧПФ у люпина узколистного была выше, чем у других культур. Отмечалась прямая зависимость урожайности биомассы от величины суммарного фотосинтетического потенциала.

Таблица 1
Основные показатели фотосинтетической деятельности посевов

Культура	Сорт	Площадь листьев, тыс. м ² /га	ФП, тыс. м ² дней/га	ЧПФ, г/м ² сут	Биомасса, т/га		Урожайность, т/га
					сырая	сухая	
2007 год							
Кормовые бобы	Мария	6,80	175	11,5	8,60	2,00	0,85
Люпин узколистный	Кристалл	15,5	512	12,2	30,2	6,30	1,88
Соя	Магева	13,6	714	4,70	10,2	3,40	1,60
НСР 05							0,18
2008 год							
Кормовые бобы	Мария	56,1	2430	9,30	61,4	14,7	5,10
Люпин узколистный	Кристалл	38,3	1650	11,7	56,2	13,5	1,40
Соя	Магева	43,8	2350	4,10	21,6	7,40	1,34
НСР:05							0,30
2009 год							
Кормовые бобы	Мария	27,6	1160	4,58	27,9	8,03	2,38
Люпин узколистный	Кристалл	31,4	800	7,80	39,0	12,0	2,94
Соя	Магева	49,5	1625	4,48	27,6	7,48	2,29
НСР:05							0,20

Фотосинтетическая деятельность посевов в процессе вегетации непосредственно связана с формированием урожая и продуктивностью растений [1- 3]. В условиях засухи 2007 года урожайность кормовых бобов составила всего 0,85 т/га, люпин узколистный и соя оказались более толерантными к засухе (табл. 1). В благоприятном 2008 году кормовые бобы, напротив, проявили лучшие, по сравнению, с другими культурами способности к образованию бобов и семян, урожайность была высокой, составив – 5,10 т/га. Наибольшая урожайность у люпина узколистного и сои была в 2009 году, когда сложились благоприятные условия для роста и развития этих культур.

Таким образом, изучаемые культуры характеризовались неодинаковым ходом фотосинтетической деятельности. Метеорологические условия оказывали очень большое влияние на величину фотосинтетического потенциала и урожайность семян. Чистая продуктивность фотосинтеза изменялась в меньшей степени по сравнению с фотосинтетическим потенциалом.

Литература:

1. Гатаулина Г.Г. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах в связи с возможностями управления формированием урожая. - М.: «ВЗО – Сервис» Центра «Земля России» МСХА, 2001.

2. Гуляев Б.И. Обоснование путей повышения фотосинтетической деятельности посевов // Фотосинтез и продукционный процесс. – М.: Наука, 1988.

3. Sarkar R.K. Studies on some morpho-physiological characters in relation to drought tolerance in soybean // Indian J. Plant Physiology. – 1994. Vol.37. - N1. - P. 40 - 42.

РОСТСТИМУЛИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ АССОЦИАТИВНЫХ ДИАЗОТРОФОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РИЗОСФЕРЫ ТРИТИКАЛЕ

Growth-promoting effect of associative diazotrophs isolated from rhizosphere of triticale

Соловьева Е. А.

Институт микробиологии НАН Беларуси; ул. ак. Купревича 2, 220141 Минск, тел.: (0172)659967, факс: (0172)674766. E-mail: ekatya@tut.by

В настоящее время пристальное внимание исследователей направлено на разработку микробных препаратов, повышающих продуктивность сельскохозяйственных культур. Острая необходимость в биологических способах ведения сельского хозяйства диктуется негативной реакцией, вызванной использованием химических удобрений, пестицидов, ухудшающих экологическую обстановку и снижающих плодородие почвы. Применение PGPR (Plant Growth-Promotion Rhizobacteria) – ризосферных бактерий, стимулирующих рост растений, в качестве основы микробных препаратов - перспективное решение проблемы получения продуктов питания надлежащего качества и в требуемом объеме. PGPR-штаммы, обладая комплексом полезных для растений свойств (фиксация атмосферного азота, синтез фитогормонов, улучшение фосфорного питания растений, ограничение роста фитопатогенов), способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур. К данной группе бактерий относятся: *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Serratia*, *Bacillus* и др.

Ранее нами были выделены из ризосферы тритикале и отобраны по показателю нитрогеназной активности 2 наиболее активных штамма ассоциативных diaзотрофов: *Agrobacterium sp.* 17 и *Pseudomonas sp.* 10. Ростстимулирующая способность выделенных штаммов была проверена на различных зерновых культурах. Установлено, что бактериализация семян ассоциативными diaзотрофами оказывала ростстимулирующее действие на яровую, озимую тритикале различных сортов и увеличивала всхожесть растений в 1,5-3 раза по сравнению с контролем.

Синтез фитогормонов (ауксины, гиббереллины, цитокинины, этилен и абсцизовая кислота) является одним из важных физиолого-биохимических свойств PGPR-штаммов, оказывающих стимулирующий эффект: регуляция состояния покоя и прорастания семян, влияние на корнеобразование, цветение, ветвление и созревание плодов, повышение резистентности растений к неблагоприятным факторам внешней среды. В связи с этим целью наших исследований было изучение способности продуцировать ауксины выделенными штаммами ассоциативных diaзотрофов.

Образование ауксинов *Agrobacterium sp.* 17 и *Pseudomonas sp.* 10 изучали в присутствии 0,1% L-триптофана в жидких культурах ассоциативных diaзотрофов. Бактерии выращивали при 28°C на маннитно-дрожжевой среде на качалке при 220 об/мин в течение 3 суток. Посевным материалом служили 2-суточные бактериальные культуры. Для определения ИУК использовали надосадочную жидкость, полученную путем центрифугирования при 8000 об/мин в течение 15 мин. Содержание индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) определяли колориметрически с помощью реактива Сальковского (1 мл 0,5 М FeCl₃, 50 мл 35% HClO₄) при длине волны 530 nm. Максимальное количество фитогормона продуцировал ассоциативный diaзотроф *Agrobacterium sp.* 17 (25,0 мкг/мл культуральной жидкости). Содержание ИУК в культуральной жидкости *Pseudomonas sp.* 10 составило 16,0 мкг/мл КЖ.

Таким образом, ассоциативные diaзотрофы *Agrobacterium sp.* 17 и *Pseudomonas sp.* 10, обладающие высокой нитрогеназной активностью, способны продуцировать фитогормоны и оказывать стимулирующее воздействие на рост и развитие тритикале, в связи с чем являются перспективными микробиологическими объектами для использования в качестве основы при разработке микробных препаратов.

ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОЯВЛЕНИЕ ПРИЗНАКА «СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКТИНА В ЗЕРНЕ» У СОРТОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

The investigation of factors that influence on the content of wheat lectin in spring wheat

Старичкова Н.И.*, **Кушнерук М.А.****, **Соболева Е.Ф.****, **Антонюк Л.П.****

* ГОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского», ул. Астраханская, 83 410012 г. Саратов. тел (8452) 227899

** Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН; пр. Энтузиастов 13, 410049 Саратов, тел.: (8452)970403, факс: (8452)970383

E-mail: qwerty7@ibppm.sgu.ru

В последние годы при возделывании пшениц используют микробные препараты, в том числе содержащие бактерии *Azospirillum brasilense*, относящиеся к группе ростстимулирующих ризобактерий (PGPR). Молекулярные основы взаимодействия ризобактерий с растением-хозяином остаются малоизученными. Это существенно тормозит разработку высокоэффективных микробных препаратов. Кроме того, пока не удается решить проблему нестабильности результатов инокуляции. Опыт показывает, что использование микробных препаратов не всегда дает положительный результат, иногда эффекта нет или наблюдается небольшое снижение урожайности. Недавно удалось обнаружить первый молекулярный сигнал в симбиозах пшеницы с бактериями группы PGPR. Им оказался лектин – агглютинин зародышей пшеницы (АЗП). Этот белок обнаруживается не только в зародыше, но и в корнях, в местах скопления ризобактерий. Установлено, что АЗП вовлечен в ряд жизненно важных для растения процессов: он участвует в ответе растения на стрессы, в его защите от грибных патогенов, способствует колонизации

растения полезными для него микробами. В связи с вышесказанным в задачи работы входило: 1) оценить сорта яровой пшеницы по содержанию АЗП в семенах; 2) провести полевой эксперимент с предпосевной обработкой семян культурой *A. brasilense* и оценить его результаты.

Была изучена сортовая вариабельность содержания лектина в семенах 19 сортов яровой мягкой (*Triticum aestivum*) и твердой (*Triticum durum*) пшениц, выведенных в Саратовском селекционном центре. Содержание АЗП оценивали по его способности агглютинировать эритроциты крови кролика в реакции гемагглютинации (РГА). О лектиновой активности в экстрактах судили по титру – конечному разведению экстракта, еще вызывающему РГА; результат оценивали в виде среднего из трех повторностей.

Эксперименты показали, что генотипическая вариабельность признака "содержание лектина в зерне" у яровых мягких пшениц исключительно высока: максимальные и минимальные значения этого признака имели примерно 40-кратные отличия. У сортов *T. aestivum* можно выделить три группы: с высоким, низким и средним содержанием лектина. Первая группа включала 2 сорта – Саратовская 64, Саратовская 60 (титры 1:96 и 1:178 соответственно). Наименьший уровень содержания лектина был выявлен у Альбидум 28, Альбидум 29 и сорта Лебедушка (титры от 1:4 до 1:11). Остальные сорта: Саратовская 38, Саратовская 42, Саратовская 52, Саратовская 58, Саратовская 66, Саратовская 68, Саратовская 70 и Фаворит занимали промежуточное положение по содержанию АЗП в семенах (титры от 1:21 до 1:64). Несколько иную картину вариабельности признака наблюдали в группе сортов твердой пшеницы. Сорта Саратовская 57, Золотая волна и Елизаветинская имели средний, по сравнению с сортами *T. aestivum*, уровень АЗП (титры от 1:21 до 1:32). Сорт Ник имел максимальное содержание АЗП в зерновках – титр РГА 1:128. Сорта Валентина и Аннушка показали соответственно титры разведения 1: 43 и 1: 64.

С учетом итогов оценки лектиновой активности семян для полевого эксперимента было выбрано восемь сортов мягкой и твердой пшеницы. Из них сорта с высокой лектиновой активностью: Саратовская 60, Саратовская 64, Саратовская 68 (титр 1: 64), Ник, Аннушка и сорта с низкой лектиновой активностью: Альбидум 28, Альбидум 29 и Лебедушка. Полевой опыт проводился на базе Научно-исследовательского института сельского хозяйства Юго-Востока (г. Саратов). Эксперимент состоял из контрольного посева (семена не обрабатывались бактериями) и опытного посева, включающего предпосевную обработку семян культурой *A. brasilense* Sp245. Каждый вариант опыта высевали весной 2009 года рендомизировано трехрядковыми делянками в пятикратной повторности в полевом севообороте на поле лаборатории селекции яровых пшениц НИИСХ Юго-Востока, предшественник – просо. Урожайность оценивали по показателю «масса зерна с делянки».

Предпосевная обработка семян пшеницы бактериями привела к следующим результатам. Из восьми сортов пшеницы пять не реагировали на обработку ни снижением, ни увеличением показателя «масса зерна с делянки» (различия между средними значениями были недостоверны) – это сорта Альбидум 28,

Альбидум 29, Саратовская 64, Лебедушка и Аннушка. Три сорта (Саратовская 60, Саратовская 68 и Ник) отреагировали на обработку снижением этого показателя.

Из полученного в ходе полевого эксперимента семенного материала получали АЗП-содержащие экстракты, которые затем анализировали на содержание лектина. В вариантах, не подвергавшихся микробной обработке, содержание АЗП в семенах до и после полевого эксперимента различалось. У низколектиновых мягких пшениц Альбидум 28 и Лебедушка происходило увеличение гемагглютинирующей активности, у остальных сортов содержание АЗП уменьшалось. Предпосевная обработка семян культурой *A. brasilense* Sp245 в целом не оказывала влияния на содержание АЗП в зерне нового урожая.

Проведенные эксперименты показали, что признак "содержание лектина в зерне" является стабильным: у двух сортов *T. durum* (Ник и Аннушка) и четырех сортов *T. aestivum* (Саратовская 60, Саратовская 64, Саратовская 68, Альбидум 29) обработка не влияла на содержание лектина, а у сортов Альбидум 28 и Лебедушка влияла незначительно.

Таким образом, определен набор сортов с контрастной, низкой и высокой, степенью выраженности признака "содержание АЗП в зерне", который может быть использован в экспериментах по выяснению функций этого белка. Установлено, что ведущим фактором, определяющим количество лектина в зерновке, является генотип; условия выращивания, в том числе и микробная обработка семян, незначительно влияют на содержание АЗП.

Выражаем благодарность сотрудникам НИИСХ Юго-Востока за предоставленный семенной материал и помощь в проведении полевого эксперимента.

ВЛИЯНИЕ ВЕРМИКОМПОСТА НА УРОВЕНЬ СОДЕРЖАНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ЛИСТЯХ ГРЕЧИХИ

Степанов М.А.*, Смирнова Е.Б.*, Бурдин М.В.*****

*ФГУ САС «Балашовская»; ул. Шоссейная, д.1, 412300 Балашов,
тел.: (84545)23656

** Балашовский институт Саратовского государственного университета
им. Н.Г. Чернышевского; ул. К. Маркса, д. 29, 412300 Балашов,
тел.: (84545)23387

Условия питания растений оказывают значительное влияние на содержание аскорбиновой кислоты. Так, фосфорно-калийные удобрения повышают количество витамина в растениях, большое влияние на содержание аскорбиновой кислоты оказывают микроэлементы [1, 2].

Аскорбиновая кислота является показателем жизненной активности и повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды, в частности к засухе.

В 2007 – 2009 годах были заложены полевые опыты на пахотных землях ОАО «Балашов-Зерно» в Балашовском районе Саратовской области. Схема опыта состояла из вариантов: 1,5; 3,0; 4,5; 6,0 т/га внесения под гречиху вермикомпоста. Площадь делянки 100 кв. м, расположение рендомизированное. Поч-

вы участка – чернозём обыкновенный суглинистого гранулометрического состава; содержание гумуса 5,9%, содержание азота низкое, фосфора и калия высокое.

Так как вермикомпост является органоминеральным удобрением, имеет высокое содержание микроэлементов, мы предположили, что внесение вермикомпоста повысит засухоустойчивость гречихи и провели изучение динамики содержания аскорбиновой кислоты по вариантам опыта. Нами установлено, что максимальное количество аскорбиновой кислоты находится в листьях и достигает максимума в фазе цветения. В эту фазу в листьях концентрация аскорбиновой кислоты составила в контрольном варианте в среднем за три года 151,2 мг/% на сырое вещество против 51,5 мг/% в фазу 4-5 пар листьев. В годы недостаточного увлажнения содержание аскорбиновой кислоты возросло до 203,2 мг/% на сырое вещество.

Внесение вермикомпоста как основного удобрения способствовало накоплению аскорбиновой кислоты и содержанию по сравнению с контролем в среднем за три года на 4-5 % во все фазы развития на варианте с дозой 1,5 т/га. При более высоких дозах вермикомпоста содержание аскорбиновой кислоты повышалось на 9-11% по сравнению с контролем. Концентрация аскорбиновой кислоты в стеблях в среднем за три года в фазу бутонизации была в 5 раз меньше, чем в листьях.

Самое сильное действие на накопление аскорбиновой кислоты в надземных органах растений гречихи оказала доза вносимого вермикомпоста 4,5 т/га. Очевидно, содержащееся в этом объёме количество азота, фосфора, калия, а также микроэлементов явилось оптимальным, чтобы повлиять на синтез углеводов, которые служат исходным материалом для её образования. Таким образом, применяя вермикомпост под гречиху, можно изменять направленность окислительно-восстановительных процессов, определяющих засухоустойчивость растений.

Литература:

1. Попов Г.Н. Агробиохимия микроэлементов в Поволжье. – Саратов: Изд-во СГУ, 1984. – 204 с.
2. Попов Г.Н. Влияние биогеохимических элементов среды на обмен веществ // Социально-экологические проблемы малого города: матер. Всерос. науч.- практич. конф., 9–10 октября 2008 г. – Балашов: Николаев, 2008. – С. 132 – 135.

РАЗВИТИЕ НАУКИ О ПРОДУКЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ РАСТЕНИЙ В НИИСХ ЮГО-ВОСТОКА

Степанов С.А.

ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН, г. Саратов, ул. Тулакова 7

E-mail: *hanin-hariton@yandex.ru*

Развитию научных исследований продукционного процесса у культивируемых растений предшествовало открытие в Саратове ряда учреждений: 10 июня 1909 г. - университета, 15 марта 1910 г. - губернской опытной станции, в

сентябре 1913 г. - Высших сельскохозяйственных курсов. Многие в этот период зависело от личности ученых, степени их подготовленности к занятиям любимым делом. С приездом в Саратов В.Р.Заленского (1915), Н.И.Вавилова (1917), А.Р.Кизеля (1918) работы по ботанике, селекции, физиологии и биохимии растений Поволжья приобрели высокий статус.

Новый импульс в развитии исследований различных составляющих продукционного процесса растений связан с именем А.А.Рихтера (1924 – 1931), первого директора Института физиологии растений АН СССР. Его склонность к изучению физиологии сельскохозяйственных растений была реализована в многочисленных работах, касающихся, прежде всего устойчивости культурных растений, некоторых представителей дикой растительности Юго - Востока, к неблагоприятным воздействиям внешней среды - засухе, морозу, засолению почвы. Большая часть исследований публиковалась в Журнале опытной агрономии Юго-Востока. Вместе с ним в этот период работает большая группа постоянных сотрудников: А. А. Ничипорович, К. Т. Сухоруков, В. А. Новиков, А.А. Образцова, А.Р. Вернер, В. Н. Наугольных, Е. И. Дворецкая, А. Д. Страхов, О. Ю. Соболевская (1).

С декабря 1933 г. заведующим лабораторией физиологии растений Всесоюзного института зернового хозяйства (в настоящее время НИИСХ Юго-Востока), с 1935 г. заведующим кафедрой физиологии растений Саратовского университета стал член-корреспондент Академии наук СССР Н. А. Максимов. В период работы в Саратове он продолжает заниматься вопросами водного обмена у орошаемых зерновых злаков, засухоустойчивости, зимостойкости и стадийности развития растений. Его наблюдения о влиянии засухи, прежде всего на процессы роста, отраженные ранее в монографии «Физиологические основы засухоустойчивости» (1926), получают дальнейшее развитие в экспериментах по изучению продукционного процесса культурных растений в условиях резко континентального климата Юго-Востока (2).

С 1944 г. по 1949 г. заведующим лаборатории физиологии растений института назначается И.В.Красовская, одновременно возглавившая кафедру физиологии растений на биологическом факультете Саратовского госуниверситета (с 1944 по 1952 г.), где под её руководством защитили кандидатские диссертации В.А. Кумаков и Н.И. Федоров. Ученица Н.А. Максимова, И.В. Красовская являлась известным специалистом по изучению корневой системы растений. За саратовский период работы ею были выполнены исследования: «Анатомо - морфологические закономерности в ходе заложения и в строении корневой системы хлебных злаков», «Достижения и перспективы изучения корневых систем растений» и другие.

С апреля 1961 г. сотрудником лаборатории физиологии растений института НИИСХ Юго-Востока, а в последующем её руководителем до 2003 г. стал В.А. Кумаков. Им были продолжены исследования, начатые в свое время И.В. Красовской - физиологически обосновать перспективный для Юго-Востока России тип растений яровой пшеницы, высокоурожайный и устойчивый к засухе и другим неблагоприятным факторам этой зоны. Основное внимание уделя-

лось изучению фотосинтетической деятельности растений, получившее поддержку у А.А. Ничипоровича (3).

Первоначально были проанализированы данные физиологических исследований, накопленные селекционерами яровой пшеницы в этом засушливом и жарком регионе России. Было выявлено, что за время направленной селекции пшеницы пропорционально возрастанию урожайности общей сухой массы и зерна увеличилась площадь листовой поверхности, продолжительность жизни листьев. Наибольшее увеличение фотосинтетического потенциала наблюдалось в период колошение - спелость, что послужило основной физиологической причиной повышения коэффициента хозяйственной продуктивности фотосинтеза. Соответственно в процессе селекции возросла мощность корневой системы, в основном пропорционально увеличению ассимиляционного аппарата (3). Итогом этих исследований явилась защита в 1971 г. докторской диссертации «Эволюция показателей фотосинтетической деятельности яровой пшеницы в процессе селекции и их связь с урожайностью и биологическими особенностями растений».

С середины 80-х годов В.А. Кумаковым все большее внимание уделялось изучению других составляющих продукционного процесса: рост и развитие растений, дыхание, донорно-акцепторные отношения, отложение и использование запасных веществ, формирование и реализация элементов продуктивности колоса и их трофическое обеспечение, азотный баланс растений. Неоднократно им высказывалось мнение о необходимости создания общей теории продуктивности растений, где процесс фотосинтеза был бы органично связан с другими, не менее важными, физиологическими и биохимическими процессами.

Огромную ценность этих работ составляло то, что в изучении находилось большое количество сортов пшеницы, различающихся по происхождению, потенциальной продуктивности, устойчивости, целому комплексу анатомо - морфологических и физиологических признаков. Основные аспекты этой работы были освещены в коллективной монографии «Продукционный процесс в посевах пшеницы», вышедшей в свет в 1994 году. Наряду с теоретическим обоснованием эволюции сортов яровой пшеницы на Юго-Востоке В.А.Кумаков выделил возможные направления дальнейшей реализации потенциала этой культуры.

В.А. Кумаков всегда уделял много внимания методологии и организации физиологических исследований, формулировке основных задач физиологии по отношению к селекции. Многолетнее изучение большого числа сортов яровой пшеницы, различающихся по происхождению, продуктивности, морфологическим и физиологическим признакам, позволило дать физиологическое обоснование оптимальной зональной модели сорта яровой мягкой пшеницы, в котором сочетались высокая продуктивность и устойчивость к неблагоприятным абиотическим факторам (3). Итоги этой работы были опубликованы в монографии «Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы» (4). В 1994 году за цикл работ, посвященных физиологическому обоснованию перспективных типов (моделей) сортов яровой пшеницы для засушливой степи Поволжья, В.А.

Кумаков был награжден золотой медалью им. К.А. Тимирязева Россельхозакадемии.

В разные годы в отделе прикладной ботаники и затем лаборатории физиологии растений института работали и другие, менее известные специалисты: Казакевич Л.И., Васильев И.М., Фомин А.Е., Кружилин А.С., Гальченко И.Н., Игошин А.П., Березина О.В., Евдокимова О.А.

В настоящее время сотрудники лаборатории физиологии растений НИИ-ИСХ Юго-Востока продолжают ранее проведенные исследования, уделяя особое внимание изучению адаптационного потенциала сортов яровой мягкой и твердой пшеницы, а также сортов озимой пшеницы, посевы которой в Саратовской области в последние годы значительно возросли.

Литература:

1. Рихтер Я.А. Академик А. А. Рихтер – профессор Саратовского университета // Известия СГУ. Серия Химия, биология, экология. Отдельный оттиск. - 2009. - Т.9. - С. 2 - 30.

2. Памяти Николая Александровича Максимова // Физиология растений. - 1955. - Т.2. - Вып.3. - С.193-198.

3. Васильчук Н.С., Жанабекова Е.И. Памяти В.А.Кумакова // Сельскохозяйственная биология. - 2006. - №5. - С.123-125.

4. Кумаков В.А. Физиологическое обоснование моделей сортов пшеницы. - М.: Агропромиздат, 1985. - 270 с.

СИСТЕМЫ РЕГУЛЯЦИИ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА РАСТЕНИЙ

Степанов С.А.

ГНУ НИИСХ Юго-Востока РАСХН, г. Саратов, ул. Тулакова 7

E-mail: hanin-hariton@yandex.ru

Продукционный процесс растений, определяемый как совокупность взаимосвязанных отдельных процессов, фотосинтеза, роста и развития, дыхания и других, предполагает наличие определенной структурированной системы регуляции, т.е. целостности самого растения как феномена жизни. Целостность - динамическое единство всех частей растения. На вопрос, каким образом достигается целостность растительного организма, в настоящее время существуют различные варианты ответов [1- 6]. Различие суждений о природе и механизмах целостности растения образно выразил Ю.В.Гамалея (1997), «... феномен растений как формы жизни остается, как и прежде, загадочным» [7].

Существующие в настоящее время концепции целостности представлены: 1. Несколькими гипотезами, в которых растение определяется как организм. В некоторых из этих гипотез предлагается рассматривать в качестве центра интеграции частей растения апикальные меристемы побега и корня [1,5], зону перехода от побега к корню [2] или узлы стебля [6]. 2. Гипотезой об организации высших растений как микроорганизменных экосистем, возникших путем эндоили экзосимбиоза и надстраивающих тело растения как экологическую нишу по мере собственного размножения [7]. В этом случае клетка не является элементарной единицей. Предлагается выделение особого, сетевого (надклеточно-

го) уровня структуры растений, поделенного на отдельные блоки-домены [7, 8]. Рассматриваемая парадигма основывается преимущественно на данных электронной, конфокальной микроскопии.

Одной из первых организменных концепций целостности растения явилась гипотеза В.В.Полевого (1975,1981) о доминирующих центрах, в качестве которых выступают апексы побега и корня, контролирующих все процессы на уровне клетки, тканей и органов [1,5]. В определенной степени данная концепция явилась реанимацией взглядов Ч.Дарвина на особую роль верхушки побега.

Второй по времени представления из организменных концепций целостности явилась гипотеза О.П.Зубкус (1979) о кибернетических принципах организации растения, которая, очевидно, была настолько нетривиальна в тот момент, что статья, поступившая в редакцию журнала «Известия Сиб. отд. АН СССР» в 1973 г., была опубликована только в 1979 г. Согласно гипотезе О.П.Зубкус в растении можно выделить шесть элементов, обеспечивающих интеграцию клеток, тканей и органов – рецепторы, афферентные и эфферентные пути проведения раздражения, центральные регулирующие элементы, эффекторы и элемент обратной связи между рецепторами и эффекторами [2].

Следующей из организменных концепций целостности растения является гипотеза о донорно-акцепторной структуре растения с выделением в ней подобных единиц. В структуре растения, как и в донорно-акцепторной единице, можно выделить следующие элементы: 1 - акцептор; 2 – донор, 3 - аттрагирующий фактор, 4 - транспорт ассимилятов, 5 - система сигналов, 6 - исполнительные механизмы эндогенной регуляции, 7 - фонды ассимилятов, 8 - контроль развития и старения донорного листа, 9 - система функциональных связей [4].

В гипотезе, отрицающей организменную природу растения, целостность рассматривается через призму взаимодействия многоклеточных эукариотных систем с доменной организацией структуры. Считается [7,8], что широкие возможности вегетативного размножения – очень сильный аргумент против организменной концепции растения. По мнению Ю.В.Гамалея (1997, 2008), после публикации данных конфокальной микроскопии о существовании подвижного эндоплазматического континуума, не поделенного на клетки, их интерпретация в качестве самостоятельных структурных единиц растения стала уязвимой. Как отмечается [16], для преодоления противоречий новых данных с классической клеточной теорией может быть привлечена концепция клеточно-сетевой организации высших растений. Концепция предполагает существование у растений внутриклеточной распределительной сети (пищевых трактов). Обосновывается [8], что на структурную единицу в мире растений более всего претендует популяция. Сами же растения следует рассматривать не как организм, а как клеточную систему или даже экосистему, в которой роль бактериальных и грибных компонентов велика и еще не достаточно изучена.

При всей убедительности и насыщенности фактами существующих гипотез об основах целостности растения, системах регуляции его жизнедеятельности [1-8] вне поля зрения исследователей остался значительный массив данных,

позволяющих иначе представить картину интеграции клеток, тканей и органов растения на всех этапах его онтогенеза.

Предлагаемую концепцию можно рассматривать как гипотезу о множественности автономных блоков, каждый из которых постепенно, по мере дифференциации клеток, приобретает черты автономности по схеме О.П.Зубкус [2], и особой роли склеренхимы в растении [7,8].

Прежде всего, следует обратить внимание на метамерный принцип организации структуры побега растения, где каждый из метамеров состоит из нескольких элементов – узла, междоузлия, листа и боковой почки; к элементам метамера можно отнести и придаточные корни, хорошо выраженные у некоторых растений [10]. Образование метамеров осуществляется за счет деятельности конуса нарастания побега, а также, по мнению некоторых исследователей [11], латеральной меристемы – камбия. Исходя из особенностей образования метамеров, следует предположить, что принципы целостности для однодольных, у которых, как правило, отсутствует камбий, и двудольных растений различны. Для однодольных растений характерен блочный принцип интеграции вдоль продольной оси побега, где можно выделить блок в пределах одного метамера или же совокупности нескольких метамеров, для двудольных – блочная и сетевая (радиальная) интеграция. Сетевой принцип организации целостности, вероятно, наиболее выражен у древесных форм двудольных растений, построенный на интеграции нескольких метамеров или цилиндромеров [11], образованных камбием.

Второе, на что следует обратить внимание, это разновозрастность метамеров. В образующихся конусом нарастания метамерах последовательно вычленяются структурные элементы и, соответственно, элементы системы интеграции [2]. В дифференцированных метамерах присутствуют все шесть элементов системы регуляции гомеостаза по О.П.Зубкус (1979). Учитывая различие метамеров по выраженности структурных элементов и развития системы регуляции целостности, следует считать, что степень их автономности в онтогенезе растения будет постепенно изменяться – от полной зависимости от ранее дифференцированных метамеров, и в этом случае они выступают как акцепторные элементы донорно-акцепторной системы [4], до почти полной независимости от них, что объясняет отсутствие обмена ассимилятами между зрелыми метамерами [5].

Третье, что вызывает сомнения, это признание за апикальными меристемами побега и корня роли доминирующих центров [1,5], контролирующих многие физиологические процессы в дифференцированных клетках, тканях и органах растения. Парадоксальна ситуация контроля физиологии зрелых клеток – органов растения клетками меристематическими, находящимися на разных стадиях специализации. Более вероятна взаимозависимость меристематических и дифференцированных клеток, где большая регулирующая функция принадлежит всё же зрелым клеткам. Все меристематические ткани, на наш взгляд, следует рассматривать как исполнительные, эффекторные элементы системы регуляции целостности.

Наличие большого числа доминирующих центров – апикальных меристем [1,5] у многих растений не способствует целостности организма, а скорее должно приводить к его дезинтеграции. В случае удаления апекса побега также логично было ожидать гибели всего растения, однако в случае наличия почек в других метамерах всегда отмечается их развертывание с одновременным отмиранием одного или более метамеров, ближних к конусу нарастания главного побега.

В отдельных схемах интеграции клеток, тканей и органов растений отмечены элементы [1,2] или фазы [3] раздражимой системы, т.е. способности организма целесообразно отвечать на внешние и внутренние воздействия. Более быстро раздражимость проявляется в изменении биоэлектрической активности клеток, распространяющихся по тканям биоэлектрических потенциалов, где особая роль отводится проводящим тканям [12,13]. Однако проводящие ткани могут быть представлены комплексом разных клеток – флоэмы, ксилемы, склеренхимы. До сих пор является дискуссионным вопрос, - по каким из этих клеток потенциалы действия (ПД) распространяются быстрее. На наш взгляд, можно сделать ряд предположений относительно возможной структурной, анатомической организации ткани, по которой ПД распространяется быстрее, и, следовательно, эта ткань может быть определена как интегрирующая или нервная:

1. Наиболее целесообразно расположение клеток нервной ткани в составе проводящего пучка, в комплексе флоэмы и ксилемы, так как позволяет быстро осуществлять контроль за транспортными потоками метаболитов и некоторых физиологически активных веществ.

2. Клетки, входящие в состав проводящего пучка, служащие в основном в качестве проводников биоэлектрического сигнала, должны иметь хорошо выраженную прозенхимную форму с целью уменьшения величины сопротивления в точках межклеточных контактов.

3. Другие типы клеток нервной ткани, также тяготеющие к проводящим тканям, должны обеспечивать генерацию биоэлектрического сигнала или же его трансформацию. Эти типы клеток вследствие этого могут отличаться значительным морфологическим разнообразием. В стебле наиболее вероятное их расположение в основании узлов.

4. Клетки должны иметь толстые многослойные стенки с целью стабилизации силы биоэлектрического сигнала и уменьшения сопротивления со стороны оводненных окружающих тканей.

5. Клеточная стенка таких клеток должна обладать свойствами проводника света, т.к. величина потенциала покоя (ПП), как и распространение ПД имеет существенную зависимость от величины и качества света [12].

6. Клетки должны сопровождаться для поддержания и усиления биоэлектрического сигнала, а также для стабилизации качеств плазмалеммы и клеточной стенки, определенным запасом ионов – прежде всего Ca^{2+} , а также K^+ , Na^+ и Cl^- . По - видимому, эти ионы в той или иной форме могли бы быть представле-

ны в определенного типа анатомических структурах, например, кристаллоносных клетках.

7. Клетки данной ткани должны иметь ряд цитологических структур и физиологических особенностей, отличающих их от остальных клеток растительного организма.

8. Клетки подобной ткани должны обеспечивать секрецию нейромедиаторов, отличаясь также активным энергетическим балансом. Наличие различных нейромедиаторов установлено для многих растений, однако, их физиологическое значение в настоящее время недостаточно выяснено [14, 15].

Имеющиеся биомедиаторы (нейротрансмиттеры) в растительном организме, на наш взгляд, должны оказывать преимущественно влияние на морфогенетические процессы, на деление, растяжение и дифференциацию клеток. Ранее их влияние на процессы деления и дифференциации клеток было отмечено для животных организмов [16].

Анализ состояния проблемы по изученности одного из типов тканей растения, в частности, механической, иерархии регуляторных систем интеграции от клеток до органов [1-13] дает нам основание для заключения, что наиболее вероятным кандидатом на роль координирующей, нервной ткани у растений претендуют клетки склеренхимы. Отдельные клетки склеренхимы, вероятно, могут функционировать как оптические волокна, т.е. вносить вклад в усовершенствование распространения света в пределах мезофилла толстых и склерифицированных листьев.

Отсутствие в настоящее время полного понимания физиологической роли склеренхимы может быть связано, на наш взгляд, во – первых, с удобствами работы в рамках прежних стереотипов, во - вторых, с недостаточным пока вниманием со стороны физиологов растений к структурным основам жизнедеятельности растений. Результатом этого является преобладание материала по морфологическому, цитологическому описанию клеток склеренхимы и очень слабая изученность особенностей развития клеток, причинности процесса их дифференциации.

Литература:

1. Полевой В.В. Регуляторные системы организмов //Вестник Ленинград. ун- та. - 1975. - N15. - С. 104-108.

2. Зубкус О.П. Особенности генерации электрических импульсов растениями //Известия Сиб. отд. АН СССР. Сер. биол. науки. Новосибирск. - 1979. - Вып.5/1. - С.120 - 124.

3. Чайлахян М.Х. Целостность организма в растительном мире // Физиология растений. - 1980. - Т. 27. - Вып. 5. - С. 917-940.

4. Мокронос А.Т., Холодова В.П. Донорно-акцепторные системы и формирование семян // Физиология семян / Под ред. Каримова К.Х. Душанбе: Дониш, 1990. - С. 3-11.

5. Полевой В.В. Физиология целостности растительного организма // Физиология растений. - 2001. - Т.48. - №4. - С.631-643.

6. Степанов С.А., Головинская О.Н. Роль меристем и склеренхимы в гомеостазе растений // Известия Саратовского гос. университета. Сер. Биол., вып. спец. - Саратов: Изд-во СГУ, 2001. - С. 137-142.
7. Гамалей Ю.В. Надклеточная организация растений // Физиология растений. - 1997. - Т. 44. - №6. - С. 819-846.
8. Гамалей Ю.В. Клеточные системы растений // Физиология растений. - 2008. - Т. 55. - № 2. - С. 300-311.
9. Степанов С.А. Склеренхима - нервная ткань растений? // Вопросы биологии, экологии, химии и методики обучения: Сб. науч. ст. - 2006. - Вып.9. - С.59-65.
10. Шафранова Л.М. О метамерности и метамерах у растений // Журнал общей биологии. М., 1980. Т. 41. N3. С. 437-447.
11. Мазуренко М.Т., Хохряков А.П. Классы метамеров деревьев // Журнал общей биологии. - 1991. - Т.52. - №3. - С.409-421.
12. Опритов В.А., Пятыгин С.С., Ретивин В.Г. Биоэлектrogenез у высших растений. М.:Наука, 1991. 216 с.
13. Пятыгин С. С., Опритов В. А., Воденеев В. А. Сигнальная роль потенциала действия у высших растений // Физиология растений. - 2008. - Т.55. - №2. - С.312-319.
14. Рощина В.В. Биомедиаторы в растениях: ацетилхолин и биогенные амины. - Пушино, 1991. - 192 с.
15. Momonoki Y. S., Momonoki T., Whallon J.H. Acetylcholine as a signaling system to environmental stimuli in plants. 1. Contribution of Ca²⁺ in heat – stressed *Zea mays* seedlings // Jpn. J. Crop Sci. - 1996. - V.65. - P. 260-268.
16. Бузников Г.А. Нейротрансмиттеры в эмбриогенезе. - М.: Наука, 1987. - 232 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ СВЕТОВОГО РЕЖИМА ОГУРЦА И ЛИСТОВЫХ ОВОЩЕЙ В ЗАКРЫТОМ ГРУНТЕ

Light regime optimization for growing cucumber and vegetables under glass

**Табаленкова Г.Н.*, Головки Т.К.*, Далькэ И.В.*, Захожий И.Г*,
Григорай Е.Е**., Буткин А.В.*****

*Институт биологии Коми НЦ УрО РАН: ул. Коммунистическая, 28. Сыктывкар,
тел.: (8212)249687, факс (8212)240163

**ОАО «Пригородный» ул. Тентюковская 425, 167981 Сыктывкар, тел./факс:
(8212)249687

*** Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Коми,
ул. Бабушкина 3, Сыктывкар, тел.: (8212) 288-371, факс: (8212) 288-312

E-mail: tabalenkova@ib.komisc.ru

Круглогодичное обеспечение населения северных регионов России свежими овощами и зеленой продукцией является важной социально - экономической задачей. Ее решение невозможно без создания современного агропромышленного производства на базе защищенного грунта. Несмотря на важное теоретическое и практическое значение, проблема светокультуры овощей на

Севере до настоящего времени остается мало исследованной. В связи с этим первостепенное значение приобретает разработка научных основ повышения продуктивности и эффективности светокультуры овощных. В настоящее время на ведущих предприятиях применяется автоматическая система управления микроклиматом, что дает возможность проводить эксперименты по оптимизации светового режима в производственных условиях. Опыты проводились на культуре огурца (гибрид F1 Церес) и шести видах зеленных овощных растений. Огурец выращивали при 9, 14 и 18 тыс. лк под натриевыми лампами (ДНаЗ–600Вт/REFLUX). Фотопериод составлял 19/5 ч (день/ночь). В течение осенне-зимнего оборота проводили наблюдения за ростом и развитием и физиолого-биохимическими параметрами растений.

Показано, что в ценозе огурца листья нижнего яруса получали вдвое меньше света по сравнению с листьями верхнего яруса. Наиболее физиологически активные листья среднего яруса освещались заметно слабее верхних. Удельная поверхностная плотность листьев, возрастала с увеличением освещенности. Адаптация к световому режиму затрагивает различные уровни организации автотрофного организма и, в первую очередь, пигментный комплекс, обеспечивающий поглощение и превращение световой энергии. Содержание пигментов в листьях среднего яруса у растений, получавших меньше света, повышалось. Это компенсаторная реакция, связанная с увеличением количества пигментов, принадлежащих светособирающему комплексу. К концу оборота культуры наблюдалась значительная деградация пигментов, что выражалось в уменьшении их содержания в 5-7 раз. Скорость нетто-ассимиляции листьев верхнего и среднего яруса сильнее зависела от светового режима по сравнению с листьями нижнего яруса. Технология культивирования огурца в теплице позволяет дозированно снабжать растения минеральным питанием. Однако при равной подаче раствора содержание минеральных элементов в листьях существенно зависело от освещенности. У молодых растений огурца концентрация калия, кальция и фосфора была выше, а азота и магния ниже в листьях, получавших больше света. Возможно, накопление калия на свету большой интенсивности связано с его ролью в поддержании осмотического баланса клеток активно транспирирующих листьев. Урожайность огурца возрастала с увеличением светового довольствия. Двукратное увеличение освещенности приводило к повышению урожайности на 30%.

Распределение ФАР в ценозе огурца зависело от положения и количества источников света. У сформированных при стандартном (лампы над ценозом) способе освещения растений, листья нижнего яруса получали в 3 раза меньше света, чем листья верхнего яруса. Установка дополнительных ламп на уровне среднего яруса значительно увеличила освещенность листьев среднего яруса. Почти вдвое повысилось поступление света к листьям нижнего яруса. Листья растения, получавших верхний и боковой свет ассимилировали в 1,5-2 раза интенсивнее по сравнению с растениями, получавшими только верхний свет. Использование дополнительного бокового освещения позволило получить урожай

огурцов в 2 раза больше по сравнению со стандартным режимом освещения за тот же период.

Зеленные культуры характеризуются интенсивным метаболизмом, быстрым ростом, накоплением полезных и необходимых для поддержания здоровья человека питательных веществ - антиоксидантов, макро- и микроэлементов, витаминов. Наши исследования показали, что среди зеленных наибольшей скоростью фотосинтеза отличались руккола, базилик, кинза, низкую активность проявлял шнит-лук, промежуточное положение занимал салат. По накоплению фенольных соединений, определяющих антиоксидантную активность зеленой массы растений, выделялись базилик и мята. Салат характеризовался высоким содержанием зеленых и желтых пигментов. Увеличение количества ФАР с 7,5 до 14 клк в течение 16 ч. при выращивании салата стимулировало накопление пигментов, прежде всего каротиноидов, обладающих высокими антиоксидантными свойствами, повышает биологическую ценность готовой продукции. К уборке урожая, наблюдалось значительное отставание в накоплении биомассы у растений, выращиваемых при низкой ФАР. Световой режим выращивания салата оказал влияние на качество собранного урожая. Повышение поступающей ФАР до 47 Вт/м² позволило получить урожай салата первой категории качества.

Таким образом, экспериментально показано влияние света на продуктивность и качество урожая огурца и зеленных культур в теплицах зимнего типа. Перспективы использования дополнительных источников света обусловлены объективными физиологическими и экономическими показателями: повышением КПД фитоценоза, увеличением скорости накопления урожая, сокращением продолжительности оборота, возможностью совместного выращивания разных культур, существенным уменьшением затрат на обогрев теплиц.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА СВЕТА НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС БАЗИЛИКА ЭВГЕНЬЕВОГО (*OCIMUM GRATISSIMUM* L.).

Effect of light quality on physiological responses and plant productivity in Basil, *Ocimum gratissimum* L.

Тараканов И.Г., Яковлева О.С.

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, кафедра физиологии растений,
ул.Тимирязевская, 49, 127550, Москва, тел.: (495)9762054, факс: (495)9762054
E-mail: plantphys@timacad.ru

Достаточно хорошо известно, что не только количество, но и качество света влияет на характер протекания физиологических процессов и в конечном итоге определяет продуктивность растений. Фотоморфогенез растения зависит от соотношения лучей красного и синего света. Область красного света довольно широка и разные участки ее спектра отвечают за регуляцию разных физиологических процессов, что в свою очередь не может не сказаться на продукционном процессе в целом.

В последнее время с развитием производства светодиодных облучателей появились новые возможности в изучении влияния узкополосных частей спектра на регуляцию физиологических процессов. Нами изучалось влияние разных участков красной области спектра на морфогенез и продукционный процесс растений базилика эвгенольного (*Ocimum gratissimum* L.). Такой объект был выбран не случайно. Базилик — это очень пластичная культура, отзывчивая на изменение спектрального состава света и имеющая большой набор сортов с различной окраской листьев.

В качестве объекта исследований использовали 5 сортов базилика: два с зелёными листьями (Василиск и Широколистный) и три - с фиолетовыми (Ереванский, Робин Гуд и Фиолетовый).

Растения выращивали на верховом нейтрализованном торфе, заправленном полным набором питательных элементов в вегетационных сосудах объемом 0,5 литра, по 4 растения на сосуд. Контроль - растения при естественном освещении в оранжерее. Опытные варианты были помещены на искусственный свет, состоящий из смеси синих и красных лучей, создаваемой светоиспускающими диодами (СИД). Было три варианта искусственного освещения. Во всех этих вариантах доля синего света составляла 25%. Соотношение красных лучей варьировалось по вариантам (см. таблицу).

Растения выращивали до технологической зрелости (фаза цветения). На протяжении онтогенеза проводили наблюдения за ростом и развитием растений. Определяли высоту растений, площадь листьев, УПП листьев, характер ветвления и формирования цветоносных побегов, содержание фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) и накопление сырой и сухой биомассы. Биологическая повторность опыта была 5-кратной, а аналитическая — 3-4 кратной.

Таблица

Влияние качества света на накопление сырой надземной биомассы растений базилика эвгенольного (*Ocimum gratissimum* L.) (г / сосуд)

Сорт	Контроль	Варианты искусственного освещения, соотношение СИД 460-620-660 нм (%)		
		25-75-0	25-0-75	25-25-50
Василиск	16,9 ± 0,3	15,1 ± 0,3	13,1 ± 0,4	22,6 ± 0,9
Широколистный	26,9 ± 0,8	14,1 ± 0,2	4,6 ± 0,1	23,6 ± 0,6
Робин Гуд	18,6 ± 0,4	9,8 ± 0,1	4,5 ± 0,1	11,7 ± 0,2
Ереванский	21,8 ± 0,5	15,4 ± 0,4	7,1 ± 0,2	20,8 ± 0,4
Фиолетовый	28,1 ± 0,5	23,4 ± 0,5	7,3 ± 0,1	32,5 ± 0,7

В результате проведенных экспериментов было установлено, что качество красного света значительно влияет на ход физиологических процессов данной культуры. Так, увеличение доли более коротковолнового красного света на первых этапах развития стимулировало более быстрое формирование листового аппарата у зеленолистных сортов базилика, особенно у сорта Широколистный. Затем различия по вариантам несколько сглаживались, но до бутонизации растения этого сорта, выращенные на искусственном свете с участием более коротко-

волнового красного не уступали по накоплению биомассы растениям, выращенным на естественном свете.

Сорта базилика с фиолетовыми листьями несколько отставали в росте от зелёнолистных сортов на первых этапах онтогенеза. Искусственный свет угнетающе действовал на их проростки. Но к стадии бутонизации растения на более коротковолновом и смешанном красном свете сформировали ассимиляционную поверхность на 40 – 90 % больше, чем на естественном свете. Особенно ярко это проявилось у сорта Ереванский. К сожалению, все эти растения в значительной мере утратили антоциановую окраску листьев. У них сформировались так называемые теневые листья.

Выращивание при длинноволновом красном свете действовало угнетающе на все сорта базилика, независимо от их окраски. Рост растений тормозился, уменьшалась площадь листовой поверхности. Ни одно растение не перешло к бутонизации.

К фазе цветения (технической зрелости), которая определялась по контрольным растениям, большинство опытных образцов с вариантов коротковолнового и смешанного красного света зацвели. Исключение составил сорт Фиолетовый, у которого в условиях смешанного света зацвело только 30% особей.

Анализ биометрические показатели урожайных данных наглядно продемонстрировал преимущество смешанного красного света над узкополосными (таблица). Коротковолновый и длинноволновый свет, каждый в отдельности, снижали накопление сырой и сухой биомассы. Так, растения сорта Широколиственный при облучении длинноволновым красным светом накапливали в 5 раз меньше биомассы, чем в контроле. При коротковолновом красном свете снижение урожая было меньше (на 45%). Это в основном происходило из-за раннего отмирания нижних листьев. При смешанном свете биомасса растений данного сорта снижалась незначительно.

Наибольшую биомассу на смешанном свете образовали сорта Василиск и Фиолетовый. Сырая биомасса сорта Фиолетовый составила 117 % , а сорта Василиск — 137% по отношению к контролю. Надо отметить, что прибавка урожая не сопровождалась сохранением качества продукции. У данных растений уменьшилось количество фотосинтезирующих пигментов, а также вторичных метаболитов, включая эфирные масла.

Таким образом, качество красного света, испускаемого светодиодами, оказывает неоднозначное влияние на рост, развитие и морфогенез растений зелёных и фиолетовых сортов базилика эвгенольного, что необходимо учитывать при разработке приемов светокультуры растений с использованием этого типа облучателей.

НАКОПЛЕНИЕ БЕЛКОВ ПРИ СОЗРЕВАНИИ ЗЕРНА У ВЫСОКОЛИЗИНОВОГО ЯЧМЕНЯ ХАЙПРОЛИ И ОБЫЧНЫХ СОРТОВ

Accumulation proteins in maturing grains of high lysine barley of hiproly and traditional varieties

Тома З.Г., Бабицкий А.Ф.

Институт генетики и физиологии растений АН РМ

Изучены особенности биосинтеза белков при созревании семян 3 генотипов ячменя, различающихся по содержанию незаменимой аминокислоты лизина: 1. Хайпроли - высокобелковый, высоколизиновый образец, выделенный из ячменя Эфиопии; 2. Его изогенная линия CJ4362 – высокобелковый с обычным для всех ячменей уровнем лизина; 3. Оксамит, широко используемый в посевах сорт ячменя со средними данными по содержанию белка и лизина. Растения выращивались в полевых условиях. Отбор образцов семян начат с предмолочного состояния и в последующие стадии: молочная, молочно – восковая, восковая, конец восковой и полная спелость зерна. Процессы накопления общего белка и его фракций представлены на рис. 1.

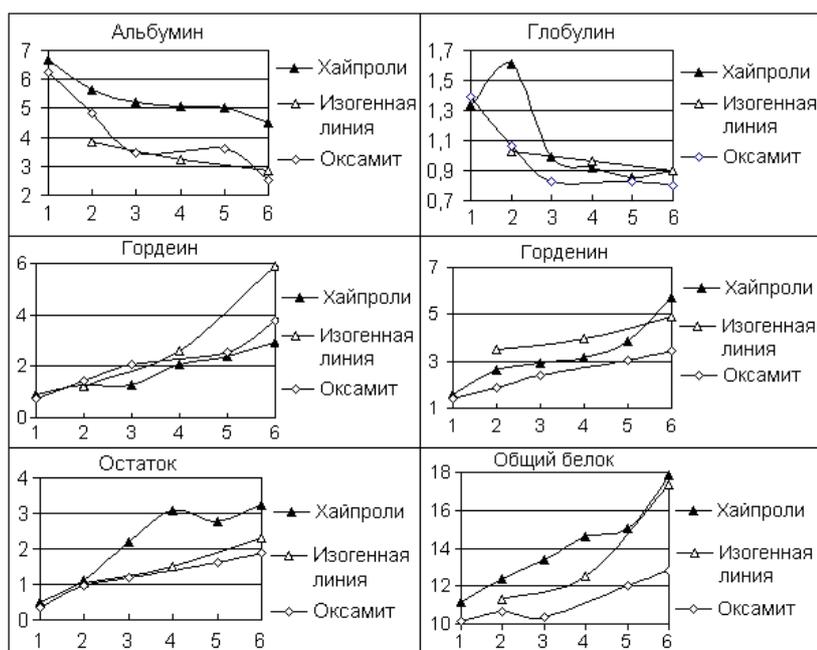


Рис. 1. Динамика накопления белков при созревании зерна ячменя. По оси абсцисс даны этапы созревания зерна: 1 – предмолочная; 2 – молочная; 3 – молочно-восковая; 4 – восковая; 5 – конец восковой; 6 – полная спелость. По оси ординат содержание белка в % в расчете на сухое вещество. Этот процесс у Хайпроли замедлен, что позволяет считать, что у него среди альбуминов, выполняющих роль протеиназ,

имеются также в значительных количествах и их ингибиторы, по количеству которых Хайпроли превышает обычные возделываемые сорта ячменя.

Формирование зерна начинается первоначальным интенсивным синтезом альбуминов и глобулинов, содержание которых в последующие этапы созревания зерна градуально уменьшается. При этом процесс исчезновения альбуминов у Хайпроли идет более медленно и в конце созревания все еще сохраняется на высоком уровне. Альбумины представлены такими функционально активными белками как ферменты и их ингибиторы. Исчезновение альбуминов, а также глобулинов, связано с их частичным гидролизом протеиназами и последующей трансформации в остаточные белки. Что касается глобулинов, то у Хайпроли выявлен первоначальный всплеск вверх их содержания и последующего исчез-

новения. Поскольку глобулины являются регуляторными и иммунными белками, то можно полагать, что в этот период идет интенсивный процесс репрессии и дерепрессии генов в ядрах клеток эндосперма у Хайпроли. Все остальные фракции белков при созревании зерна градуально возрастают. Однако возрастание гордеина, относящегося к проламиновой группе белков, у Хайпроли замедленное, что говорит о репрессии его синтеза на уровне генома.

Представленные нами данные показывают, что повышенный уровень лизина в запасном белке зерна Хайпроли обусловлен увеличением количества альбуминов и остаточных белков и пониженным уровнем проламина, синтез которого репрессируется на геномном уровне рецессивным геном *lys*.

В конце созревания Хайпроли имеет пониженный уровень гордеина, бедного по содержанию лизина, и в конечном итоге, в расчете на суммарный белок, превышает остальные формы по лизину. По содержанию горденина отличия у изученных форм незначительны. Наиболее существенным моментом следует считать преимущество Хайпроли по остаточному, прочно связанному белку, представляющему комплекс из белков мембран, клеточных стенок, а также фрагментов альбуминов и глобулинов. Из данных по динамике содержания различных фракций белка на разных этапах созревания зерна ячменя становится очевидным, что в этот процесс вовлекаются не только реакции синтеза белка, но и его гидролиза под действием эндогенных протеиназ. Так альбумины, выполнив свою роль на начальных стадиях формирования зерновки, к концу налива зерна подвергаются частичному гидролизу и полимеризации остатков в прочно связанный белок.

ЭФФЕКТ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ СИНТЕТИЧЕСКОГО АНАЛОГА АУКСИНА В РАЗВИТИИ МИЦЕЛИЯ ЦЕННОГО ВЫСШЕГО КУЛЬТИВИРУЕМОГО ГРИБА

Low-concentration effect of the auxin synthetic analog on the valuable cultivated mushroom mycelium

Цивилева О.М., Лощинина Е.А., Макаров О.Е., Никитина В.Е.

Учреждение Российской академии наук Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН; пр-т Энтузиастов 13, 410049 Саратов, тел.:(845)2970444, факс:(845)2970383

E-mail: tsivileva@ibppm.sgu.ru, loshchinina@yandex.ru.

Свойства соединений фитогормональной природы, характеризующиеся высокой степенью изученности у высших растений и интенсивно исследуемые у почвенных ассоциативных микроорганизмов, лишь в несистематическом порядке и на явно недостаточном уровне описаны у макробазидиальных грибов. В качестве объекта исследований, наряду с другими микологическими объектами промышленного культивирования, особый интерес представляет высший грибоксилотроф, сочетающий высокую практическую значимость и явно недостаточно изученные физиолого-биохимические особенности, базидиомицет *Lentinus edodes* (шиитакэ).

Достаточно давно выдвигаются предположения о том, что фитогормоны, в том числе представители группы ауксинов, принимают участие в процессах роста и дифференцировки не только у растений, но и у грибов. Однако этот вопрос до сих пор остается практически не исследованным, хотя неоспоримо его как фундаментальное, так и прикладное значение в практике промышленного грибоводства.

Мы изучили влияние β -индолил-3-уксусной кислоты (ИУК, гетероауксин) на мицелиальный рост шиитаке при добавлении фитогормона в среду культивирования. Для предварительного опыта по изучению влияния ИУК на рост грибного мицелия использовали 2 среды: синтетическую глюкозо - аспарагиновую и пивное сусло 1,2 град по шкале Баллинга. ИУК вносили в концентрации 10^{-1} , 10^{-2} , $5 \cdot 10^{-3}$, $2 \cdot 10^{-3}$, $5 \cdot 10^{-4}$, $2 \cdot 10^{-4}$, $2 \cdot 10^{-5}$, $2 \cdot 10^{-6}$ и $2 \cdot 10^{-7}$ г/л.

Литературные данные, касающиеся влияния экзогенной ИУК на рост грибных культур, достаточно противоречивы. Концентрации ИУК, стимулирующие рост и развитие мицелия, для разных видов грибов различаются на порядки, а на некоторые культуры добавление ИУК оказывает отрицательное воздействие.

Ингибировали рост грибной культуры концентрации от $5 \cdot 10^{-4}$ г/л и выше на синтетической среде, $2 \cdot 10^{-3}$ г/л и выше на пивном сусле. Статистически достоверное стимулирующее воздействие оказали лишь более низкие концентрации – $2 \cdot 10^{-5}$ и $2 \cdot 10^{-6}$ г/л в случае синтетической среды и $2 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-7}$ г/л в случае сусла.

В динамике роста влияние ИУК на накопление сухой биомассы мицелия изучили на синтетической среде. Концентрации фитогормона, не превышающие $5 \cdot 10^{-4}$ г/л, в целом не оказывали выраженного негативного влияния на *L. edodes* F-249 при различной продолжительности выращивания, но на 10-е сут на средах с 10^{-8} - 10^{-5} г/л ИУК биомасса снижалась. Прирост биомассы по сравнению с контролем оказался максимальным на средах с 10^{-5} и 10^{-7} г/л ИУК после 14 сут культивирования. В то же время на средах, негативно влиявших на рост шиитаке, при данных возрастах культуры отрицательный эффект ИУК снизился.

Проводили исследование состава культуральной жидкости (КЖ) шиитаке с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии, используя в качестве стандартов коммерческие препараты индольных соединений. В КЖ *L. edodes* F-249 были обнаружены следующие индольные соединения: ИУК, триптофан, триптамин, индолацетамид, индолилпировиноградная кислота (ИПВК), индолацетальдегид (ИААльд), 5-гидрокси-ИУК.

Триптофан у грибов и бактерии может служить не только для дальнейшего биосинтеза белков, но и быть прекурсором различных метаболитов, в том числе ИУК. В наших экспериментах на синтетической среде, изначально не содержащей этого вещества, концентрации внеклеточного триптофана колебались в пределах от 13,8 мг/л на 7-е сут до 23,9 мг/л на 21-е. Таким образом, формально не отмечены случаи, когда ИУК синтезируется культурой в отсутствие триптофана, и путь биосинтеза ИУК изучаемой грибной культурой является трипто-

фанзависимым. Однако происходит переключение на триптофан-независимый путь, или подключение этого альтернативного пути (что вероятнее), реализуемого в присутствии экзогенного индола в интервале концентраций $1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^{-4}$ г/л. В рамках настоящей работы важно отметить, что не только в случае с экзогенным индолом имеются признаки этого пути, но также при индуцировании биосинтеза ИУК ее экзогенными микродобавками ($1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-8}$ г/л). Например, при исходной концентрации $1 \cdot 10^{-7}$ г/л ИУК на 10-е сут выращивания уровень фитогормона составил около $4 \cdot 10^{-4}$ г/л, т.е. возрос в 4000 раз. Появление антраниловой кислоты (до 1,5 г/л) как признака триптофан-независимого пути отмечено нами только в этих экспериментальных условиях.

Кроме антраниловой кислоты, в присутствии низких концентраций ИУК ($1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-8}$ г/л) синтезируется от 1 до 3 мг/л ИПВК, однако появления ИААльд - продукта конверсии ИПВК на пути триптофанзависимого синтеза ИУК - не наблюдалось. Эта ситуация с ИААльд меняется со сдвигом экзогенной ИУК в область более высоких концентраций ($1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$ г/л), когда на 10-е сут роста, например, накапливается от 3,5 до 8,5 мг/л ИААльд.

Таким образом, установлено положительное влияние экзогенной ИУК в интервале концентраций $1 \cdot 10^{-8} - 2 \cdot 10^{-4}$ г/л на накопление биомассы *L. edodes* при минимальной ингибирующей рост концентрации фитогормона около $5 \cdot 10^{-4}$ г/л как на минеральной, так и на органической среде. Получены экспериментальные доказательства сосуществования двух альтернативных путей биосинтеза ИУК у *L. edodes*: триптофан-зависимого (в основном через триптамин) и триптофан-независимого, реализуемого не только в присутствии экзогенного индола в интервале концентраций $1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^{-4}$ г/л, а также при индуцировании биосинтеза ИУК ее экзогенными микродобавками.

РОСТ И РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ РОДА *TULIPA* L. В УСЛОВИЯХ СВЕТОКУЛЬТУРЫ

Шелякин М. А.

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН; 167982 Сыктывкар,
ул. Коммунистическая 28, тел.: (8212) 24-11-19, факс: (8212) 24-01-63

Наиболее востребованными цветочными культурами для населения северных регионов являются ранневесенние эфемероиды, которые цветут в начале короткого лета при низких положительных температурах. К ним относятся представители рода *Tulipa* L. Существующие технологии выгонки тюльпанов, основанные на термической обработке луковиц, имеют ряд недостатков: длительные сроки периода покоя луковиц, большие энергозатраты на поддержание постоянной температуры. Экономической проблемой является дороговизна выгонки луковичных растений и зачастую низкое качество посадочного материала. Разработка теоретических основ получения качественного посадочного материала и ускоренной выгонки являются актуальными вопросами интродукции и выращивания тюльпанов.

С этой целью нами исследовано влияние света разного спектрального состава на рост и развитие тюльпанов в условиях длительного фотопериода.

Объектом исследования служили тюльпаны вида *Tulipa kaufmanniana*. Reg, сорт «Keizerskroon». Растения выращивали в лабораторных условиях на светоустановке. Тюльпаны были разделены на четыре группы: группа I – контроль, группа II – облучение синим, группа III – красным и группа IV – зеленым светом в ночной период (С-, К- и З-растения соответственно).

Растения контрольной группы облучались в течение дня белым источником излучения (ЛБ-40). Фотопериод составлял 10 ч (с 8 до 18 ч). С-, К- и З-растения облучались в течение десятичасового фотопериода источником белого света (как и контрольные растения). В ночной период, с 18 до 8 ч, растения экспонировали под лампами с красным, зеленым и синим спектром излучения мощностью 40 Вт/м². Использовали лампы ЛК-40, ЛЗ-40 и ЛС-40 (Россия).

Морфологические параметры (высота побега, ширина листовой пластинки) измеряли на протяжении всего эксперимента через каждые двое суток. Статистическую обработку данных проводили с учетом средней арифметической, ошибки средней и коэффициента вариации. При сравнении величин использовали X- критерий Ван-дер-Вардена.

Уже на третьи сутки эксперимента контрольные растения и З-растения превышали по высоте С- и К-растения в среднем на 20 %. На протяжении всего эксперимента наибольшую высоту имели тюльпаны, облучаемые зеленым спектром света. Высота побегов большинства З-растений (92%) находилась в интервале 260 – 340 мм., тогда как контрольных растений в данном интервале было 70 %. С- и К-растения по высоте побегов занимали интервал 60-100 мм. Наибольшую ширину листовой пластинки (80 – 100 мм) имели контрольные растения. Ширина листа тюльпанов получивших в ночное время зеленый свет, была несколько меньше. У С- и К-растений ширина листовой пластинки была минимальной (20 – 40 мм). По темпам роста контрольные и З- растения превосходили С- и К-растения в среднем на 7 ± 1 мм/сут.

З-растения, получившие зеленый свет в ночной период, зацвели на 12 сутки, а контрольные, С- и К - растения не цвели на протяжении всего эксперимента (21 сутки). З-растения не имели морфологических отклонений и сохранили все сортовые качества, тогда как другие группы растений имели морфологические отклонения, характерные для растений с нарушенным фотопериодом.

Как известно, в процессе фотосинтеза пигменты листа не поглощают зеленый спектр света. Однако зеленый спектр может нести информационную роль и изменять гормональный баланс растения, определяя фотопериодическую реакцию растения [3]. Зеленый свет способствовал значительному увеличению уровня свободной и связанной форм гиббереллинов (ГА), тогда как на красном свете свободная форма ГА отсутствовала. Зеленый свет индуцировал морфогенез в каллусах зародышей пшеницы, тогда как на красном и синем свету морфогенез проходил менее активно. При длительной экспозиции зеленый свет повышал уровень ауксинов, усиливая активность цитокининов [2]. На начальных этапах роста он стимулировал рост растений растяжением [1].

Существуют данные о том, что при действии красного и синего света короткодневные растения не переходили к фазе цветения [4]. Тюльпаны – расте-

ния с короткодневной реакцией цветения, в нашем эксперименте растения, получавшие ночью синий и красный свет, не переходили к цветению. Они имели все признаки, характерные для растений с нарушенным фотопериодом.

Таким образом, облучение красным и синим спектром в ночной период тюльпанов сорта “Keizerskroon” показало нарушение ростовых процессов. Оптимальным условием досветки в ночной период является облучение зеленым светом. Зеленый свет активировал рост побегов и ускорял переход растений «Keizerskroon» к цветению.

Выражаю благодарность преподавателю кафедры биологии ГОУ ВПО «Сыктывкарский государственный университет», к. б. н. Бачарову Д. С. за постоянные консультации и помощь в работе.

Литература

1. Folta K. M. Green Light Stimulates Early Stem Elongation, Antagonizing Light-Mediated Growth Inhibition // *Plant Physiology*. - 2004. -Vol. 35. - P. 1407 – 1416.

2. Карначук Р. А., Головацкая И. Ф. Гормональный статус, рост и фотосинтез растений, выращенных на свету разного спектрального состава // *Физиология растений*. -1998. -Вып. 6. -Т. 45. - С. 925-934.

3. Карначук Р. А., Негрецкий В. А., Головацкая И. Ф. Гормональный баланс листа растений на свету разного спектрального состава // *Физиология растений*. -1990. -Вып. 3. -Т. 37. - С. 527- 534.

4. Кулаева О. Н. Как свет регулирует жизнь растений // *Соровский образовательный журнал*. -2001. -Вып. 4. -Т. 7. - С. 6-12.

Материалы докладов Всероссийского симпозиума

**Физиолого-биохимические основы продукционного
процесса у культивируемых растений**

Подписано в печать 4.10.2010 г. Формат 60×84 1/16

Бумага офсетная. Печать трафаретная.

Объем 6,18 ус.печ. л. Тираж 100 экз. Заказ 92.

Типография ЦВП «Саратовский источник»
г. Саратов, ул. Университетская, 42, оф. 106

Т. 52-05-93

Издательство «Саратовский источник»
(Федеральное государственное учреждение науки
«Российская книжная палата» г. Москва)