

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОБЩЕСТВО ФИЗИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ

***Актуальные проблемы картофелеводства:
фундаментальные и прикладные аспекты***

Материалы всероссийской научно-практической конференции

с международным участием

10–13 апреля 2018 г.

Издание вышло в свет при финансовой поддержке

Российского научного фонда

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2018

контрольных растений превышали таковые у растений, выращенных при 4 экспериментальных интенсивностях света.

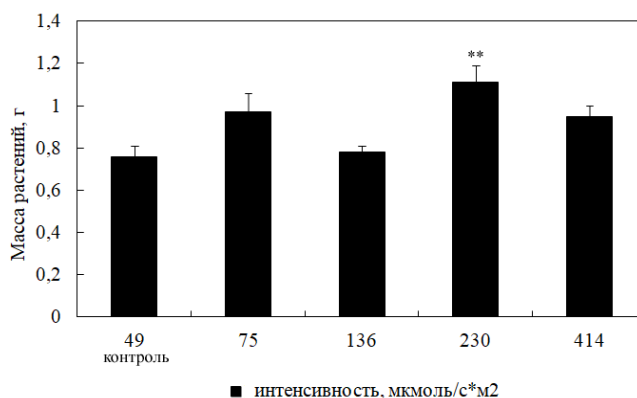


Рис. 1. Влияние интенсивности света на накопление массы 4-недельных растений *Solanum tuberosum*

Таким образом, при исследовании влияния света разной интенсивности на развитие растений было выявлено, что выращивание растений *Solanum tuberosum* раннего сорта при интенсивности 230 мкмоль/(м²с) привело к накоплению растениями наибольшей для эксперимента массы, и формированию хорошей корневой системы. Это особенно важно при последующей пересадке в грунт. Наиболее перспективными для получения большего количества черенков являются микрорастения, культивируемые при интенсивности света 75 мкмоль/(м²с), поскольку именно при этих параметрах растения отличались наибольшими показателями высоты стебля и количеством междоузлий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures // *Physiol. Plant.* 1962. Vol. 15. P. 473–497.

УДК 581.5

СТЕРОИДНЫЕ ГОРМОНЫ РЕГУЛИРУЮТ ОБРАЗОВАНИЕ КЛУБНЕЙ У РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

И.Ф. Головацкая*, **М.В. Ефимова***, **И.Н. Плюсин***, **Е.В. Бойко***, **М.К. Малофий***,
Л.В. Коломейчук*, **А.Н. Видершпан***, **О.К. Мурган***, **Ю.В. Медведева***,
В.Ю. Дорофеев*, **Н.И. Лантев***, **М.А. Большакова***,
Вл.В. Кузнецов* **, **В.А. Хрипач* *****

* Национальный исследовательский Томский государственный университет
пр. Ленина, 36, Томск, Россия

** Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН
ул. Ботаническая, 35, Москва, Россия

*** Институт биорганической химии Национальной академии наук Беларуси
ул. Академика Купревича, 5, корп. 2, Минск, Беларусь
E-mail: golovatskaya.irina@mail.ru

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, аквакультура, клубнеобразование, 24-эпибрасинолид.

В результате увеличивающегося вредного воздействия биотических фитопатогенных факторов в сельскохозяйственных регионах складываются неблагоприятные условия для

возделывания картофеля: утрачивается высококачественный семенной материал, снижается урожайность важнейшей продовольственной культуры. На повестку дня встает вопрос о получении новых сортов, устойчивых к изменяющимся фитопатогенным факторам, решение которого длительно и трудоемко. В этих условиях наиболее востребованной становится разработка способов получения освобожденных от инфекций растений, а впоследствии и семенного материала. Среди способов выращивания оздоровленных растений картофеля преимущество получает аквакультура, обеспечивая защиту растений и получаемого семенного материала от контакта с почвенными патогенами. В связи с тем, что продуктивность растений картофеля в аквакультуре ограничена технологическим регламентом экологических факторов (температурой и длиной дня), то для ее повышения возникает острая необходимость применения эффективных регуляторов роста.

Известно, что рост и развитие растений находится под контролем гормональной системы. Эта система представлена 8–10 группами фитогормонов, изменение содержания и соотношения которых обуславливает направление роста. Совместное действие гормонов растений координирует рост побега, столонов, закладку и формирование клубней у картофеля [1–3]. Установлено, что образование и рост клубней стимулируют цитокинины (ЦК) и жасмоновая кислота, торможение роста столонов обуславливают абсцизовая (АБК) и индолил-3-уксусная (ИУК) кислоты. В последнее время привлечено внимание ученых к стероидной группе гормонов, которые находятся в растении в очень малых количествах и эффективно воздействуют на рост и развитие растения в минимальных дозах (несколько миллиграмм на 1 га посевов), что имеет большое экологическое значение. Среди активных представителей brassinosteroidов (БР) выделяют 24-эпибрассинолид (24-ЭБЛ). Известно, что механизм действия последнего заключается в регуляции синтеза других растительных гормонов (ИУК, гиббереллинов, ЦК, АБК и этилена) и ответных реакций на них [4–7]. Эндогенные БР повышают уровни свободной ИУК и двух форм АБК и уменьшают уровни связанной ИУК и ЦК (зеатина – З и рибозида зеатина – РЗ) в проростках дикого типа *Col Arabidopsis thaliana* [5]. Экзогенный 24-ЭБЛ изменяет гормональный баланс у этиолированных растений, стимулируя накопление основных форм ЦК – изопентениладенина, З, РЗ и зеатин-О-глюкозида [7]. Он изменяет экспрессию генов, мембранный потенциал, активирует синтез белков, рост клеток, стебля, фотоморфогенез, повышает устойчивость растений [7–9]. Недостаточно изучена роль БР в образовании клубней картофеля.

В связи с этим целью исследования было изучение влияния 24-эпибрассинолида на морфогенез и формирование клубней у оздоровленных растений-регенерантов картофеля *Solanum tuberosum* L. сорта Жуковский ранний в условиях аквакультуры.

В качестве объекта исследований взяты растения-регенеранты раннеспелого сорта Жуковский ранний.

В ходе эксперимента предварительно получали оздоровленные материнские микроклоны картофеля из проверенных на отсутствие вирусов апикальных регенерантов. Микроклоны третьего пассажа культивировали в течение 25 суток в пробирках на половинной агаризованной безгормональной питательной среде Мурасиге–Скуга (МС) с добавлением сахарозы и витаминов [10] на белом свете при температуре 20–22°C и получали растения-регенеранты. Световой поток, измеренный спектрометром Ava-Spec 20-48-2 («Avantes», Нидерланды), составил 250 ± 50 мкмоль квантов / (м²с).

Опытные растения-регенеранты, полученные *in vitro*, перед помещением на гидропонную установку адаптировали к жидкой среде и атмосферной влажности. Затем проводили однократную обработку корневой системы растений-регенерантов водой (контроль) или содержащими 1 и 100 пМ 24-ЭБЛ растворами (опыт). Затем корни отмывали от гормонов отстоянной водопроводной водой и растения высаживали в гидропонную установку «Картофельное дерево» («КД-10», А/О «ДОКА», Россия) на среду Прянишникова. Культивирование проводили в течение 3-х месяцев в условиях искусственного освещения с ин-

тенсивностью светового потока на уровне средних ярусов растений 350 ± 50 мкмоль/(м²с), полученного от ламп «ДНАТ-400».

В качестве основного исследуемого параметра картофеля служил урожай мини-клубней, которые собирали ежедневно, проводили их подсчет и взвешивание. На заключительном этапе эксперимента изучили структуру побега растений картофеля, измерили ассимилирующую поверхность всех функционирующих на растении листьев, используя видеокамеру и программу «Moticam 2300» (Испания). Определили содержание суммы зеленых фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a* и хлорофилла *b*) – с помощью прибора Chlorophyll Content Meter CL-01 (Hansatech Instruments, Великобритания).

В результате исследований показали, что корневая предобработка 1 пМ 24-ЭБЛ растений не меняла растяжение главного побега, но увеличивала количество его ярусов и боковых побегов на 8 и 3% соответственно. К концу вегетации отмечали увеличение биомассы главного побега и его листьев опытных растений соответственно на 26 и 27% относительно контроля.

Предобработка 24-ЭБЛ оказывала влияние на формирование ассимиляционного потенциала (площадь поверхности листьев и содержание фотосинтетических пигментов) растений-регенерантов картофеля сорта Жуковский ранний в условиях аквакультуры в течение вегетации (рис. 1). Действие 1 пМ 24-ЭБЛ увеличило количество функционирующих листьев и их ассимилирующую поверхность соответственно на 92 и 113% по отношению к контрольному варианту (рис. 1, а).

Стероидный гормон, поступающий через корень, оказал действие и на уровень фотосинтетических пигментов в листе среднего яруса главного побега. Содержание суммы хлорофиллов *a* и *b* увеличилось на 36% в листьях опытных растений относительно содержания в контрольных растениях (рис. 1, б). В соответствии с нашими данными БР повышают интенсивность фотосинтеза [11].

Изучено влияние 24-ЭБЛ на формирование и рост клубней за весь период вегетации растений картофеля в условиях гидропоники (рис. 2). В соответствии с данными гистограмм, применение 100 пМ 24-ЭБЛ увеличивало количество мини-клубней и их биомассу на 22 и 19%, соответственно.

Анализ ежемесячного сбора клубней показал, что более раннее их образование происходило при действии низкой концентрации 24-ЭБЛ, тогда как увеличение общего выхода клубней – при действии большей концентрации. Действие 1 пМ 24-ЭБЛ ускоряло образование клубней в первый месяц сбора за счет более ранней закладки дополнительных 1,3 примордиев клубней в расчете на одно растение и увеличения их биомассы на 17% относительно контрольных растений. В то же время суммарный сбор клубней за три месяца существенно (увеличение 3%) не изменился по сравнению с контролем.

Действие 100 пМ 24-ЭБЛ, ускоряя формирование клубней в первый месяц сбора только на 9%, оказывало значительное (30%) стимулирующее последствие на третий месяц, что в итоге отразилось на увеличении общего выхода клубней (19%) по сравнению с контролем.

Сравнительный анализ полученных данных показал зависимость между ростовыми процессами в надземных и подземных органах. Известно, что большая ассимилирующая поверхность листьев картофеля потенциально является условием для хорошего урожая клубней, однако этому способствуют хорошо установленные донорно-акцепторные связи [12]. В соответствии с этим, интенсивный рост клубней растений-регенерантов после корневой предобработки 100 пМ 24-ЭБЛ определялся активным оттоком ассимилятов из листьев, что сопровождалось их потерей. В итоге прирост количества клубней на 16% был обусловлен потерей 77,4% ассимилирующей поверхности листьев по сравнению с растениями, обработанными 1 пМ растворами гормонов. Из этого следует, что стероидные гормоны поддерживали аттрагирующую функцию клубней в период их роста.

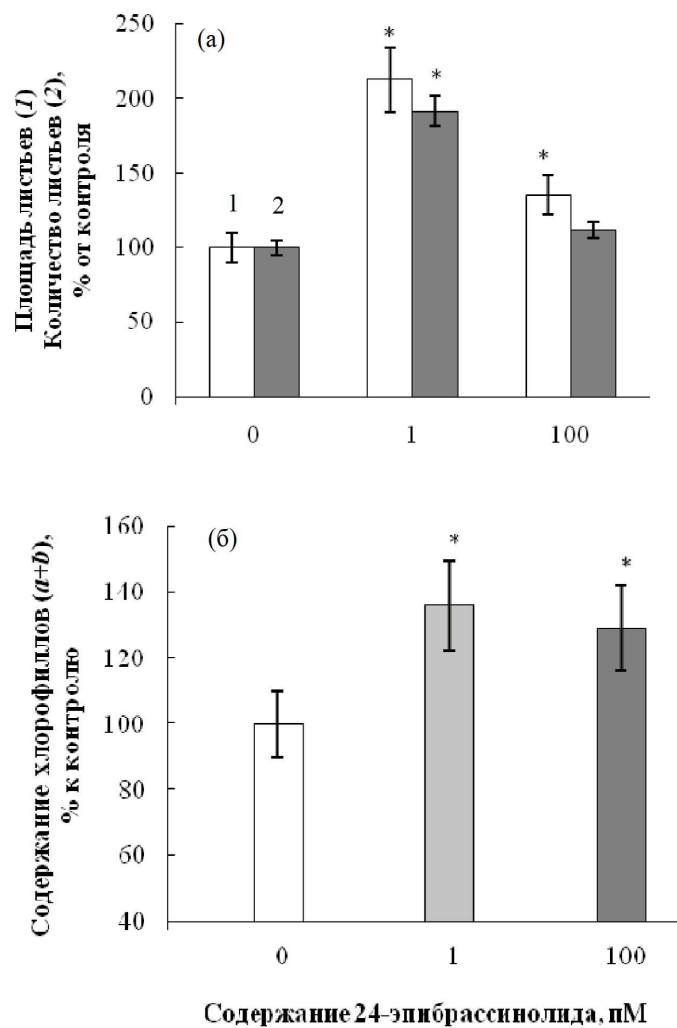


Рис. 1. Влияние 24-эпибрасинолида на площадь поверхности функционирующих листьев и их количество (а) и содержание суммы хлорофиллов (б) в листьях среднего яруса растений-регенерантов *S. tuberosum*. Приведены доверительные интервалы для $p < 0,05$

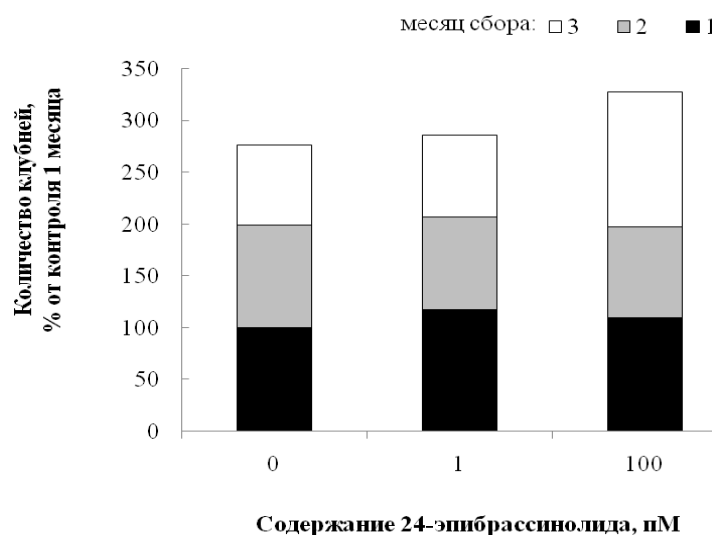


Рис. 2. Влияние 24-эпибрасинолида на количество клубней по месяцам (1, 2 и 3) и суммарный урожай клубней с одного растения-регенеранта *S. tuberosum*

Таким образом, предобработка стероидными гормонами корней обуславливала увеличение ассимиляционного потенциала и урожая мини-клубней у оздоровленных растений картофеля сорта Жуковский ранний в условиях аквакультуры.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Российского научного фонда № 16-16-04057.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркаров А.М., Головки Т.К., Табаленкова Г.Н. Морфофизиология клубнеобразующих растений. СПб.: Наука, 2001. 207 с.
2. Ефимова М.В., Карначук Р.А., Якимов Ю.Е., Медведева Ю.В. Влияние жасмоновой кислоты на клубнеобразование оздоровленного *in vitro* картофеля в условиях гидропоники // Материалы VII Окружной конференции молодых ученых. Сургут. 23–24 ноября. 2006. Сургут: Изд-во СурГУ, 2007. Т. 1. С. 76–77.
3. Аксенова Н.П., Константинова Т.Н., Голяновская С.А., Сергеева Л.И., Романов Г.А. Гормональная регуляция клубнеобразования у картофеля // Физиология растений. 2012. Т. 59, № 4. С. 491–508.
4. Kolachevskaya O.O., Sergeeva L.I., Flokova K., Getman I.A., Lomin S.N., Alekseeva V.V., Rukavtsova E.B., Buryanov Y.I., Romanov G.A. Auxin synthesis gene *tms1* driven by tuber-specific promoter alters hormonal status of transgenic potato plants and their responses to exogenous phytohormones // Plant Cell Rep. 2017. Vol. 3, № 3. P. 419–435.
5. Головацкая И.Ф., Карначук Р.А. Роль брассинолида в регуляции роста и гормонального баланса растений *Arabidopsis thaliana* (L.) Неупн на зеленом свету // Вестник Томского государственного ун-та. Биология. 2010. № 1 (9). С. 13–19.
6. Kudryakova N.V., Efimova M.V., Danilova M.N., Zubkova N.K., Khripach V.A., Kusnetsov V.V., Kulaeva O.N. Exogenous brassinosteroids activate the expression of the genes of cytokinin signaling pathway in transgenic *Arabidopsis thaliana* // Plant Growth Regulation. 2013. Vol. 70. P. 61–69.
7. Efimova M.V., Vankova R., Kusnetsov V.V., Litvinovskaya R.P., Zlobin I.E., Dobrev P., Vedenicheva N.P., Savchuk A.L., Karnachuk R.A., Kudryakova N.V., Kuznetsov V.V. Effects of 24-epibrassinolide and green light on plastid gene transcription and cytokinin content of barley leaves // Steroids. 2017. Vol. 120. P. 32–40.
8. Головацкая И.Ф., Никонорова Н.М. Рост и продуктивность растений в зависимости от их чувствительности к свету и способа обработки брассинолидом // Агрехимия. 2008. № 1. С. 46–51.
9. Ефимова М.В., Кузнецов В.В., Кравцов А.К., Карначук Р.А., Хрипач В.А., Кузнецов Вл.В. Брассиностероиды регулируют транскрипцию пластидных генов у растений // Доклады РАН. 2012. Т. 445, № 6. С. 693–697.
10. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant. 1962. Vol. 15. P. 473–497.
11. Головацкая И.Ф., Бендер О.Г., Ефимова М.В., Бойко Е.В., Малофий М.К., Мурган О.К., Плюснин И.Н. Роль экзогенных стероидных фитогормонов в регуляции функционирования фотосинтетического аппарата растений // Актуальные проблемы картофелеводства: фундаментальные и прикладные аспекты: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Россия, Томск, 10–13 апреля 2018 года). Томск, 2018. С. 103–107.
12. Мокроносов А.Т. Клубнеобразование и донорно-акцепторные связи у картофеля // Регуляция роста и развития у картофеля / Под ред. М.Х. Чайлахяна, А.Т. Мокроносова. М.: Наука, 1990. С. 6–12.

УДК 581.1

СЕЛЕКТИВНЫЙ СВЕТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ *IN VITRO* И ГИДРОПОННОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ

Дорофеев В.Ю., Медведева Ю.В., Карначук Р.А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет
пр. Ленина, 36, Томск, Россия
E-mail: dorofeev.v2012@yandex.ru

Ключевые слова: селективный свет, оздоровленный картофель, гидропоника, безвирусные микроклубни.