

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

УДК 581.5

РЕГУЛЯЦИЯ МЕЛАТОНИНОМ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ *SOLANUM TUBEROSUM* L. К ХЛОРИДНОМУ ЗАСОЛЕНИЮ

**Е.В. Бойко, М.К. Малофий, Л.В. Коломейчук, О.А. Кайлер, Б.Б. Алимханов,
Е.Д. Данилова, И.Ф. Головацкая, М.В. Ефимова**

Национальный исследовательский Томский государственный университет
пр. Ленина, 36, Томск, Россия
E-mail: CaterinaSoloveva@gmail.com

Ключевые слова: *Solanum tuberosum* L., мелатонин, засоление, устойчивость.

Растения в отличие от животных ведут прикрепленный образ жизни, в связи с этим сохранение вида возможно лишь путем формирования в процессе эволюции эффективных механизмов адаптации, позволяющих растению выживать в неблагоприятных условиях среды. Избыточному засолению в настоящее время подвержены около 25% почв земного шара. Одним из последствий почвенного засоления является снижение продуктивности агро- и биоценозов [1]. Негативное воздействие засоления на растения обусловлено падением водного потенциала почвенного раствора и как результат изменение водопоглотительной способности корней, также в клетках растений происходит увеличение концентрации неорганических ионов, оказывающих токсический эффект на метаболизм растений. Известно, что ключевую роль в регуляции клеточного гомеостаза как у животных, так и у растений играют вещества гормональной природы. Одним из способов защиты растений от избыточного засоления может быть применение экзогенных фитогормонов. Сравнительно недавно получена информация о наличии в растениях вещества индольной природы – мелатонина. На сегодняшний день доказано, что мелатонин имеет повсеместное распространение как в царстве животных, так и в царстве растений. Установлено, что мелатонин повышает устойчивость ряда растений к различным неблагоприятным факторам окружающей среды. Например, показано, что предварительная обработка мелатонином значительно повышает засухоустойчивость видов *Malus prunifolia* и *M. hupehensis*. Мелатонин также непосредственно связывает H_2O_2 и усиливает деятельность ферментов антиоксидантной системы [2]. Учеными установлено, что обработка мелатонином растений *Arabidopsis* вызывает изменения в уровне экспрессии большого количества генов, затрагивающих регуляцию роста и развития растений. Из почти 900 генов, которые под действием мелатонина изменяли наиболее значимо уровень экспрессии, почти 40% генов были так или иначе связаны с защитной системой растения. Кроме того, изменялся уровень экспрессии генов, участвующих в различных сигнальных путях, это гены синтеза ауксина, абсцизовой кислоты (АБК), салициловой кислоты, этилена и жасминовой кислоты. Экзогенный мелатонин снижал содержание АБК за счёт избирательной регуляции генов синтеза (*MdNCED3*) и деградации (*MdCYP707A1* и *MdCYP707A2*) [3]. Показано вовлечение мелатонина в реализацию ИУК-зависимых реакций при развитии проростков *Arabidopsis* в темноте и на свету; его взаимодействие с ИУК при растяжении coleoptилей пшеницы [4]. Способность мелатонина влиять на экспрессию большого количества генов, в том числе генов синтеза фитогормонов, холодового ответа, ключевых факторов транскрипции основных антиоксидантных соединений, позволяет говорить о значимости этого индоламина в функционировании растительного организма. Роль и механизмы действия мелатонина в растениях изучены далеко не полностью. В связи с этим целью данного исследования стало изучение влияния мелатонина на устойчивость растений *Solanum tuberosum* L в условиях засоления.

Нами оценено влияние мелатонина на рост и физиологические показатели растений картофеля в условиях хлоридного засоления при концентрации соли 125 мМ. Исследования проводили на оздоровленных растениях-регенерантах *Solanum tuberosum* среднеспелого сорта Луговской. Растения были получены из материнских микроклонов картофеля и в возрасте 25 суток пересажены на жидкую половинную питательную среду Мурасиге и Скуга (½ МС) под люминесцентные лампы в фитотрон с 16-часовым фотопериодом и температурой 20±3°C. Подробное описание условий выращивания растений приведено в публикации [5]. После трехнедельного выращивания на гидропонной установке часть растений оставляли на питательной среде ½ МС (контрольные), другие переносили на среду, содержащую мелатонин. Длительность гормональной предобработки составила 24 часа, концентрация гормона – 1 мкМ. После суток культивирования на питательной среде с добавлением мелатонина, часть растений переносили на 6 суток на безгормональную питательную среду, а вторую часть на среду, содержащую NaCl в концентрации 125 мМ (опытные варианты). Степень устойчивости растений *S. tuberosum* оценивали по ростовым и физиологическим показателям. Учитывали линейные размеры побега и корня, площадь листовой поверхности, оводненность растительных тканей и содержание фотосинтетических пигментов.

В результате проведенного исследования установлено, что 24 часовая обработка мелатонином стимулировала рост стебля, но ингибировала растяжение корня, и суммарную площадь листьев. Хлоридное засоление не влияло на рост стебля, но вызывало удлинение корня и уменьшение суммарной площади листьев. Предобработка мелатонином в условиях хлоридного засоления приводила к уменьшению длины корня и суммарной площади листьев по сравнению с контрольным вариантом (табл. 1).

Таблица 1

Влияние мелатонина на ростовые показатели растений *S. tuberosum* сорта Луговской на фоне хлоридного засоления

Вариант	Длина побега, см	Длина корня, см	Суммарная площадь листьев, см ²
Контроль	14,42 ± 0,61	15,45 ± 0,75	55,76 ± 5,04
NaCl	14,25 ± 0,46	16,21 ± 0,77	41,45 ± 5,70
Мелатонин	15,59 ± 0,39	14,18 ± 0,57	36,18 ± 4,42
Мелатонин + NaCl	14,90 ± 0,48	14,15 ± 0,34	21,10 ± 2,08

Показателем способности растения противостоять осмотическому действию соли является оводненность растительных тканей. Содержание воды в побеге и корне контрольных растений различалось; в подземной части растений картофеля данный показатель достигал 95%, тогда как в надземной части – 87% (табл. 2). Введение в питательную среду NaCl приводило к снижению оводненности тканей надземной части растений картофеля, но не корней. Кратковременная предобработка мелатонином вызывала тенденцию к увеличению оводненности надземного побега, но для корня данный показатель снижался. Предобработка растений картофеля в условиях хлоридного засоления восстанавливала все показатели до контрольных значений по сравнению с вариантами, выращенными без гормональной обработки на питательной среде с добавлением NaCl.

Содержание фотосинтетических пигментов при хлоридном засолении снижалось на 36–48% по сравнению с контролем (рис. 1). Экзогенная обработка мелатонином значительно увеличивала содержание хлорофилла *a* на 19, хлорофилла *b* – 37, каротиноидов – 16%. В случае предобработки мелатонином и переноса растений на среду, содержащую NaCl, уровень хлорофилла *a* и каротиноидов восстанавливался до контрольных значений, а хлорофилла *b* возрастал на 18%. Аналогичный эффект на содержание фотосинтетических

пигментов в листьях растений картофеля при засолении проявлялся и в случае кратковременной предобработки (4 часа) brassinosterоидами [6].

Таблица 2

Влияние мелатонина на содержание воды в надземных и подземных частях растений *Solanum tuberosum* сорта Луговской на фоне хлоридного засоления

Вариант	Содержание воды, %	
	Побег	Корень
Контроль	87,30 ± 0,70	95,01 ± 0,31
NaCl	85,67 ± 1,13	95,46 ± 0,17
Мелатонин	88,83 ± 0,17	94,15 ± 0,52
Мелатонин + NaCl	87,37 ± 0,09	95,42 ± 0,13

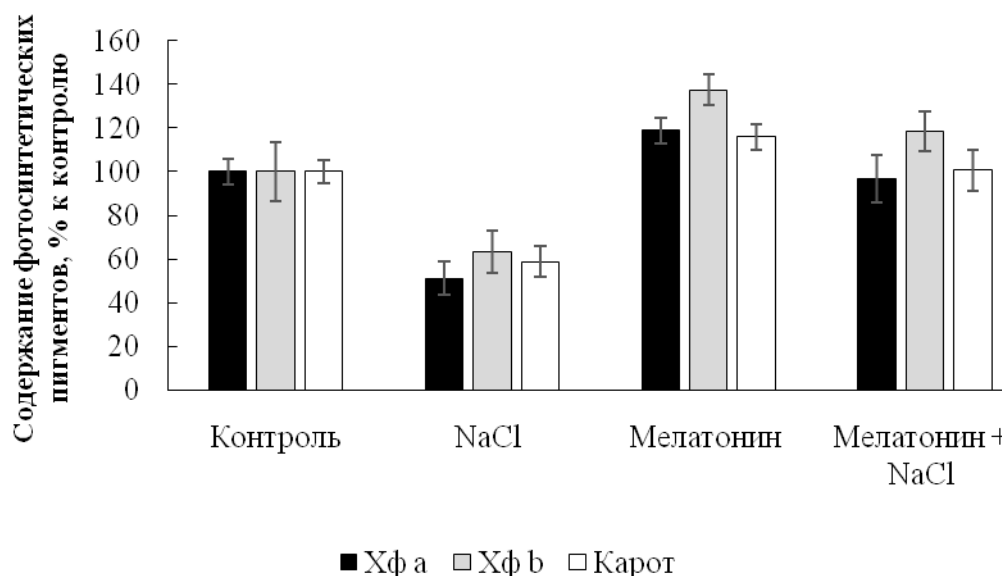


Рис. 1. Влияние мелатонина на содержание фотосинтетических пигментов: Xф a – хлорофилл a, Xф b – хлорофилл b, Карот – каротиноидов) растений *Solanum tuberosum* сорта Луговской на фоне хлоридного засоления.

Таким образом, в результате проведенного исследования нами было показано стимулирующее действие предобработки (24 часа) 1 мкМ мелатонина на некоторые ростовые реакции стебля, оводненность надземного побега, уровень фотосинтетических пигментов. Несмотря на уменьшившуюся суммарную площадь листовой пластины в случае предобработки мелатонином, содержание пигментов фотосинтеза возросло по сравнению с контролем. Это позволяет предположить, что мелатонин может влиять на биосинтез фотосинтетических пигментов.

В данном исследовании показан протекторный эффект предобработки мелатонина на фоне хлоридного засоления у растений картофеля. Мелатонин уменьшал ростовые показатели корня и суммарную площадь листьев в условиях засоления, но восстанавливал к контрольным значениям показатель оводненности и уровень всех групп фотосинтетических пигментов.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 16-04-01071.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kuznetsov V.I., Shevyakova N.I. Polyamines and plant adaptation to saline environments // Desert Plants / Ed. Ramawat K.A. Heidelberg; Dordrecht; London; New York: Springer-Verlag, 2010. P. 261–298.

2. Li C. Melatonin mediates the regulation of ABA metabolism, free-radical scavenging, and stomatal behaviour in two *Malus* species under drought stress // J. Exp Bot. 2015. Vol. 66, Is. 3. P. 681–694.
3. Weeda S. *Arabidopsis* transcriptome analysis reveals key roles of melatonin in plant defense systems // PLOS ONE. 2014. Vol. 9, Is. 3. P. 1–18.
4. Головацкая И. Ф., Бойко Е. В., Карначук Р. А. Роль мелатонина в регуляции ИУК-зависимых реакций растений в разных условиях освещения // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2017. № 37. С. 144–160.
5. Ефимова М.В., Коломейчук Л.В., Бойко Е.В., Малофий М.К., Видершпан А.Н., Плюснин И.Н., Головацкая И.Ф., Мурган О.К., Кузнецов Вл.В. Физиологические механизмы устойчивости растений *Solanum tuberosum* L. к хлоридному засолению // Физиология растений. 2018. Т. 65, № 3. С. 196–206.
6. Ефимова М.В., Хрипач В.А., Бойко Е.В., Малофий М.К., Коломейчук Л.В., Мурган О.К., Видершпан А.Н., Мухаматдинова Е.А., Кузнецов Вл.В. Индуцированный брассиностероидами прайминг растений картофеля снижает окислительный стресс и повышает солеустойчивость // Доклады Академии Наук. Общая биология. 2018. Т. 478, № 6. С. 723–726.

УДК 581.5

УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ *SOLANUM TUBEROSUM* К ИОНАМ МЕДИ *IN VITRO*

*И.Ф. Головацкая**, *Ф. Кабил***, *В. Когай**, *О.А. Кайлер**, *М.В. Нечаева**,
*А.А. Гавенко**, *Е.А. Гурина**

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

** Каирский университет, факультет сельского хозяйства
ул. Гаммаа, Гиза, Египет

E-mail: golovatskaya.irina@mail.ru

Ключевые слова: *Solanum tuberosum*, фотосинтетические пигменты, перекисное окисление липидов, медь.

Среди важнейших экологических проблем современности выделяется загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ), которые способны оказывать токсическое действие на организмы. Особое место среди ТМ занимает медь. С одной стороны, она является необходимым микроэлементом, вовлеченным в физиолого-биохимические процессы. С другой стороны, ее избыточное содержание в почве приводит к нарушению метаболизма и интегральных физиологических функций растений, например, фотосинтеза, следствием чего является снижение их продуктивности [1, 2]. Негативные последствия для фотосинтеза выражаются в снижении уровня хлорофилла и каротиноидов и квантового выхода PS II (*Thalassia hemprichii*), активности RUBISCO (*Chenopodium rubrum*), по причине взаимодействия меди с основным остатком цистеина фермента. При избытке ТМ организмы сталкиваются с проблемой поддержания оптимальных (в физиологически значимых пределах) концентраций основных питательных металлов. У растений появились механизмы для сохранения гомеостаза металлов и, при необходимости, их детоксикации. Исследования по изучению адаптационных способностей растений к токсическому действию тяжелых металлов представляются весьма актуальными, поскольку позволяют находить сорта сельскохозяйственных растений, способных давать урожай на загрязненных почвах.

Целью данной работы являлось изучение устойчивости растений-регенерантов *Solanum tuberosum* сорта Red Scarlett к различным концентрациям меди. В соответствии с этим изучали воздействие сульфата меди на реализацию морфо-физиологических процессов растений картофеля.

В качестве объекта исследования были использованы растения-регенеранты *Solanum tuberosum* L. сорта Red Scarlett. Red Scarlett – один из лучших сортов голландской селек-