

ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ РОСЛИН

УДК 581.195.7:632.11/15

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФИТОГОРМОНОВ В ЛИСТЯХ *MESEMBRYANTHEMUM CRYSTALLINUM* L.

© 2010 г. Н. П. Веденичева¹, Л. В. Войтенко¹, Л. И. Мусатенко¹,
Л. А. Стеценко², Н. И. Шевякова²

¹ *Институт ботаники им. Н.Г. Холодного
Национальной Академии наук Украины
(Киев, Украина)*

² *Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева
Российской Академии наук
(Москва, Россия)*

Изучали влияние засоления питательной среды (400 мМ NaCl) различной продолжительности (6, 24 и 48 ч) на содержание свободных и связанных фитогормонов (абсцизовой кислоты – АБК, индолилуксусной кислоты – ИУК и цитокининов) в листьях растений *Mesembryanthemum crystallinum* L., которые выращивались в водной культуре в факторостатных условиях. Установлено, что выдерживание растений на гиперсолевом растворе приводило к постепенному накоплению зеатинрибозида, изопентениладенина, изопентениладенозина и связанной ИУК. Выявлен низкий уровень АБК, а также незначительные по абсолютной величине, но существенные по сравнению с контролем, флуктуации этого гормона под влиянием NaCl.

Ключевые слова: *Mesembryanthemum crystallinum* L., абсцизовая кислота, индолилуксусная кислота, цитокинины, засоление, стресс

Изучение регуляции защитных реакций растений при засолении является весьма актуальной задачей современной физиологии растений, поскольку количество засоленных вследствие искусственного орошения почв увеличивается с каждым годом, и выращивание растений с повышенной толерантностью открывает новые возможности для их успешного использования в сельском хозяйстве. Негативное влияние засоления на рост и развитие растений имеет две составляющие: дефицит влаги в результате осмотического стресса и токсическое действие избытка ионов солей, особенно Na⁺. В результате тормозятся ростовые процессы у молодых растений или наступает прежде-

временное старение у взрослых (Munns, Tester, 2008).

В регуляции адаптивных реакций растений на стрессы принимают участие фитогормоны. Любой внешний раздражитель вызывает цепь качественных и количественных превращений во всем комплексе эндогенных фитогормонов, что, в свою очередь, вызывает ответ на уровне генома и белкового синтеза (Кулаева, Прокопцева, 2004). Известно, что с помощью обработки фитогормонами и синтетическими регуляторами роста можно повысить солеустойчивость растений (Палладина та ін., 2001; Chakrabarti, Mukherji, 2003).

Ранее было высказано предположение, что главную роль в механизме адаптации растений к засолению может играть абсцизовая кислота (АБК), которая включается в реакцию

Адрес для корреспонденции: Веденичева Нина Петровна, Институт ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины, ул. Терещенковская, 2, Киев, 01601, Украина, e-mail: phytohormonology@ukr.net

организма на возникающую при этом засуху: гормон с транспирационным потоком поступает в листья, где вызывает закрытие устьиц, уменьшая таким образом потерю влаги (Munns et al., 2006). Однако прямых доказательств, подтверждающих это предположение, пока недостаточно, во всяком случае, происхождение АБК в ксилемном соке неизвестно. Кроме того, было показано, что концентрация АБК в ростовых зонах ячменя и кукурузы после обработки солевым раствором кратковременно повышается, но через сутки возвращается к исходному уровню, тогда как скорость роста листа все еще остается заторможенной (Fricke et al., 2004). Скорость роста листьев дефицитных по АБК мутантов кукурузы и томатов и растений дикого типа была одинаковой при выращивании в условиях засоления (Makela et al., 2003; Voisin et al., 2006). Все это свидетельствует о том, что механизм регуляции адаптивных преобразований у растений при засолении имеет сложный характер. Можно предположить, что в нем задействован весь комплекс гормональных веществ, однако данных об изменении гормонального баланса под влиянием солей крайне мало, и они часто носят противоречивый характер. В большинстве работ по изучению воздействия засоления на регуляторную систему объектами служили гликофиты, слабо устойчивые к солям. Вместе с тем, большой интерес представляет изучение галофитов, которые переносят высокую концентрацию солей и при этом нормально растут и развиваются.

В связи с изложенным выше целью нашей работы было изучение баланса эндогенных фитогормонов у растения-галофита – хрустальной травки (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) – в условиях солевого шока.

МЕТОДИКА

Семена *Mesembryanthemum crystallinum* L. проращивали во влажном перлите. Проростки в возрасте двух недель рассаживали по одному в сосуды (1 л) с питательной средой Джонсона, модифицированной по Винтеру (Winter, 1973) и выращивали в условиях водной культуры в камере фитотрона при 12-часовом фотопериоде (натриевые лампы Reflux-250, Россия), освещенности 150 Вт/м², температуре воздуха 23±1°C/16±1°C (день/ночь) и относительной влажности воздуха – 55%/70% (день/ночь). Питательную среду в сосудах непрерывно барботировали воздухом – 50 мл/мин.

Растения в возрасте 10 недель подвергали засолению. Для этой цели в питательную среду одноразово вносили NaCl до концентрации 400 мМ. В качестве контроля использовали растения, выращенные на питательной среде без засоления. Пробы листьев растений отбирали через 6, 24 и 48 ч после внесения NaCl, фиксировали жидким азотом и хранили при -70°C. Концентрацию 400 мМ NaCl выбрали на основании предыдущих исследований адаптационного потенциала *M. crystallinum* (Кузнецов и др., 2000; Kuznetsov et al., 2003), как субоптимальную из всех возможных для восприятия изменений осмотического потенциала питательного раствора и последующей трансдукции стрессового сигнала.

В фиксированных образцах определяли количество индолилуксусной кислоты (ИУК), АБК и цитокининов. Фракцию гормонов выделяли 80%-ным этанолом, спирт упаривали. Водный остаток промораживали, центрифугировали при 10000 g, супернатант экстрагировали диэтиловым эфиром при pH 2,5 (ИУК и АБК) и бутанолом при pH 8 (цитокинины). Уровни связанных ИУК и АБК оценивали после химического гидролиза. Фракции ИУК и АБК очищали с помощью кислотнo-щелочной переэкстракции и ТСХ на пластинах Silufol UV-254 (Kavalier, Чехия) в системе растворителей хлороформ : этилацетат : уксусная кислота (70 : 30 : 5). Очистку цитокининов проводили с помощью ионообменной хроматографии на колонке Дауэкс 50Wx8 (H⁺-форма, элюция аммиаком) и ТСХ в системе изопропанол : аммиак : вода (10 : 1 : 1). В качестве стандартов использовали препараты фитогормонов фирмы Sigma (США). Более подробно методика определения вышеуказанных фитогормонов описана ранее (Мусатенко и др., 2003). Окончательный анализ качественного и количественного содержания фитогормонов проводился методом ВЭЖХ на жидкостном хроматографе Agilent 1200 LC с диодно-матричным детектором G 1315 B (США), колонка Eclipse XDB-C 18 2,1×150 мм, размер частиц 5 мм. Элюция проводилась в системе растворителей метанол : вода (37 : 63). Анализ и обработка хроматограмм проводилась с программным обеспечением Chem Station, версия В.03.01 в режиме *on line*.

На рисунках приведены средние значения трех независимых опытов и их стандартные отклонения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

M. crystallinum – факультативный галофит, который растет как на солончаках, так и в условиях слабого засоления или же на вовсе незасоленных территориях (Adams et al., 1998). Уникальность *M. crystallinum* как объекта исследований состоит в том, что в условиях солевого стресса у него происходит изменение типа фотосинтеза с C₃ на более эффективный САМ. В лабораторных условиях растения переходят к САМ-метаболизму в возрасте 5-6 недель, что сопровождается существенными морфологическими изменениями, связанными с приобретением растением черт суккулентности и солеустойчивости. В наших экспериментах использованы взрослые растения в возрасте 10 недель, способные выдерживать длительное засоление (Кузнецов и др., 2000).

В листьях контрольных растений *M. crystallinum* были обнаружены относительно высокие концентрации зеатина, изопентениладенозина и свободной формы ИУК. В то же время уровень зеатинрибозида, изопентениладенина и АБК был крайне низким, на пределе чувствительности метода (рис. 1–3). Выращивание на среде с высокой концентрацией NaCl (400 мМ) в течение 6 ч приводило к некоторому повышению содержания зеатина и связанной ИУК (примерно в 1,5 раза). Резко, в десятки раз, падал уровень изопентениладенозина и свободной ИУК (рис. 1 и 2 соответственно), а зеатинрибозида, изопентениладенина и АБК – так же резко повышался (рис. 1 и 3). Дальней-

шее выдерживание растений на гиперсолевом растворе вызывало постепенное накопление зеатинрибозида, изопентениладенина, изопентениладенозина и связанной ИУК в тканях листьев (рис. 1 и 2). Содержание связанной формы цитокининов – зеатинглюкозида – было незначительным в листьях контрольных растений, и под воздействием засоления оно уменьшалось в первые сутки, а затем возвращалось на исходный уровень (рис. 1). Следует отметить весьма низкий уровень как свободной, так и связанной формы АБК в листьях контрольных растений. Под влиянием соли происходила незначительная аккумуляция этого гормона, однако к концу эксперимента его содержание вновь снижалось (рис. 3).

Таким образом, как показывают результаты наших исследований, засоление вызывает существенные перестройки в гормональном балансе галофита *M. crystallinum*. Ранее при изучении изменений динамики фитогормонов у гликофитов в ответ на засоление были получены противоречивые результаты. Так, резкое уменьшение содержания ИУК под действием NaCl происходило в растениях томата (Albacete et al., 2008), ириса (Yongyin et al., 2001). Вместе с тем накопление ИУК наблюдалось при засолении в листьях пшеницы (Ахиярова и др., 2005), корнях кукурузы (Калинина и др., 2001). Очевидно, при интерпретации полученных данных необходимо учитывать как концентрацию соли, так и тип растительной ткани, а также продолжительность стресса (Ахиярова и др., 2005).

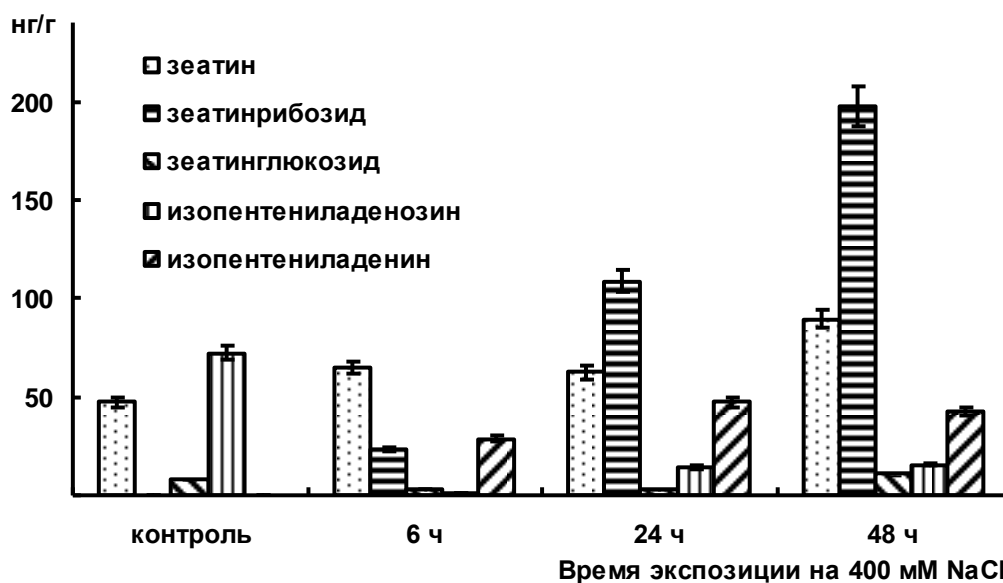


Рис. 1. Содержание цитокининов (нг/г массы сырого вещества) в листьях *M. crystallinum* L. при засолении.

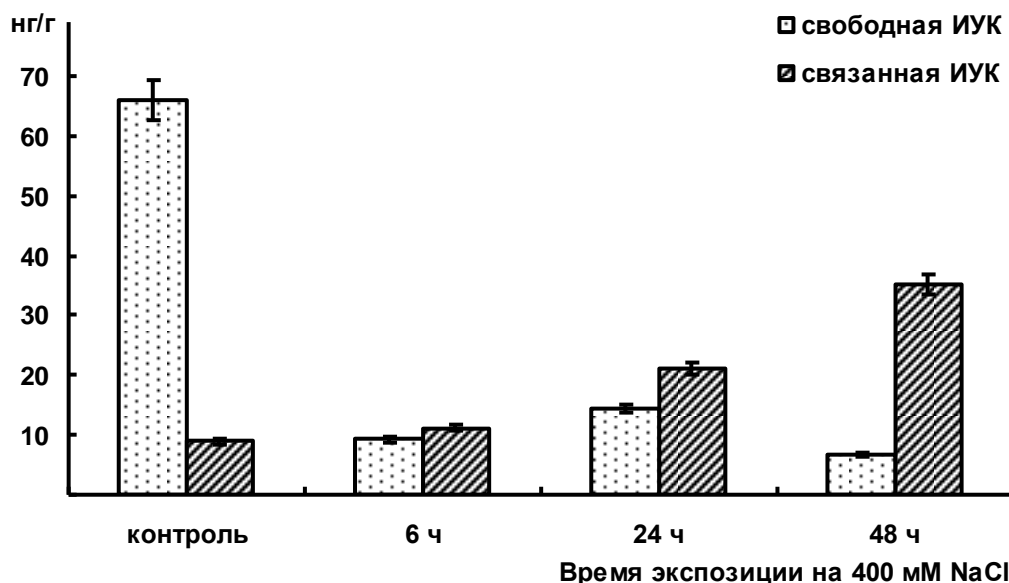


Рис. 2. Содержание ИУК (нг/г массы сырого вещества) в листьях *M. crystallinum* L. при засолении.

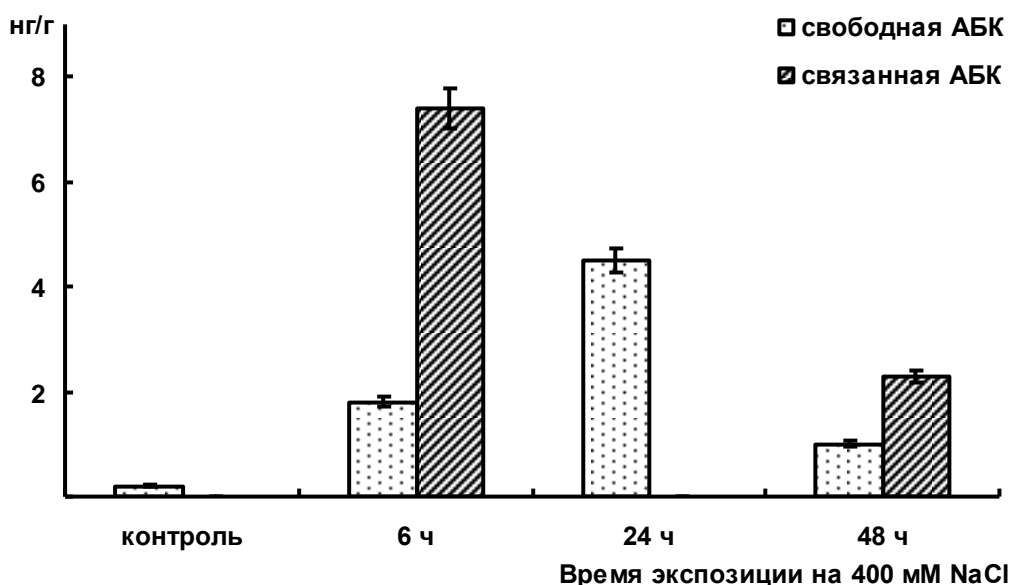


Рис. 3. Содержание АБК (нг/г массы сырого вещества) в листьях *M. crystallinum* L. при засолении.

Немногочисленные сведения о динамике цитокининов при засолении указывают на снижение общего количества этих гормонов в ответ на солевой стресс (Hussein et al., 2006), однако уровень различных форм цитокининов изменялся в различной степени. Так, в корнях кукурузы содержание зеатинрибозида значительно увеличивалось, а зеатина – снижалось при действии NaCl (Калинина и др., 2001). В листьях томата на фоне суммарного снижения концентрации цитокининов наиболее суще-

ственно уменьшался уровень зеатинрибозида (Albacete et al., 2008). У гороха происходило увеличение содержания изопентенильных форм (Atanasova et al., 1996). Исследованиями многих авторов было показано, что при засолении наблюдается резкое увеличение концентрации АБК в растительных тканях (Yongyin et al., 2001; Shakirova et al., 2003; Веселов и др., 2007). Иммуногистохимический анализ выявил ее накопление в устьичных клетках и мезофилле листьев ячменя уже через 10 мин после пе-

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФИТОГОРМОНОВ

реноса растений на раствор с хлоридом натрия, однако в сосудистых пучках она не была обнаружена (Ахиярова и др., 2006). Это опровергает ранее высказанное предположение о том, что АБК при солевом стрессе поступает в побег из корней (Kefu et al., 1991). В наших более ранних исследованиях установлено, что под действием засоления происходят существенные изменения всего гормонального баланса фасоли, которые приводят к снижению ростовых показателей, причем направленность этих изменений зависит как от концентрации соли, так и от органа растения (Шевякова и др., 2009).

Что касается модификаций гормональной системы галофитов, индуцированных засолением, а также сигнальной функции фитогормонов при этом, то они почти не изучены. Исследования, проведенные ранее, показали, что обработка листьев и корней *M. crystallinum* экзогенной АБК ускоряет переход растений на САМ-метаболизм (Chu et al., 1990). Добавление 10^{-5} М АБК в питательную среду вместе с NaCl в условиях водной культуры индуцирует переход *M. crystallinum* на САМ-фотосинтез и повышает стресс-устойчивость растений (Kefu et al., 1991). Кроме того, в этих экспериментах было установлено, что АБК на 10% уменьшает транспирацию у *M. crystallinum*, снижая таким образом потери влаги и уменьшая негативное влияние осмотической составляющей солевого стресса (Kuznetsov et al., 2003). Наши эксперименты показали, что отличительной чертой *M. crystallinum* является низкое содержание АБК в листьях, а также незначительные по абсолютной величине, но существенные по сравнению с контролем, флуктуации этого гормона под влиянием NaCl, тогда как для гликофитов характерно более значительное повышение уровня АБК в ответ на стресс. Сходные результаты по динамике АБК у *M. crystallinum* при солевом стрессе были получены ранее (Thomas et al., 1993). Эти данные несколько противоречат общепринятому мнению о первостепенной роли АБК при солевом стрессе (Веселов и др., 2007), однако не исключено, что именно эта специфика гормонального баланса формирует солеустойчивость галофита *M. crystallinum*.

Рассмотрение количественного соотношения АБК и цитокининов показывает существенное превалирование последних. Ранее радиоиммуноферментным методом было показано, что суммарный уровень цитокининов при засолении у *M. crystallinum* почти не изменялся (Thomas et al., 1992). Однако применение более точного анализа в наших экспериментах про-

демонстрировало, что содержание гормонов цитокининовой группы изменяется различным образом. Можно предположить, что ключевую роль в медиации сигналов при засолении играет рецепция только одного из них, а остальные принимают участие в метаболическом цикле цитокининов, однако для подтверждения этого требуются более детальные исследования. Экзогенная обработка листьев *M. crystallinum* раствором 6-БАП ингибирует активность ключевого фермента САМ-метаболизма – фосфонолпируваткарбоксылазы и переход к САМ-метаболизму в условиях солевого стресса (Schmitt, Piepenbrock, 1992). Поэтому, повышение уровня зеатина, зеатинрибозида и изопентениладенина можно рассматривать как механизм, препятствующий изменению типа метаболизма при засолении. Вместе с тем, добавление БАП в питательный раствор при гидропонной культуре *M. crystallinum* приводило к такому же количественному увеличению фосфонолпируваткарбоксылазы, как и добавление NaCl (Thomas et al., 1993). Это свидетельствует о том, что цитокинины скорее всего входят в состав многокомпонентной системы, которая опосредует метаболические превращения при солевом стрессе у *M. crystallinum*, однако детальное выяснение механизмов этого процесса требует тщательной разработки экспериментов и унификации их условий.

В целом изменения динамики фитогормонов показывают, что они, несомненно, являются составными элементами регуляторной сети *M. crystallinum* при солевом стрессе. Характерной особенностью фитогормонального баланса при этом было низкое абсолютное содержание АБК на фоне более высокого уровня ИУК и цитокининов. Кроме того, различная направленность изменений количества отдельных форм цитокининов дает основания рассматривать их дифференцированную функциональную роль в обеспечении солеустойчивости *M. crystallinum*.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№ 10-04-90417) и Национальной академии наук Украины (№ 03-04-10) «Гормональная регуляция биосинтеза полиаминов у растений при стрессах».

ЛИТЕРАТУРА

Ахиярова Г.Р., Сабиржанова И.Б., Веселов Д.С., Фрике В. Участие гормонов в возобновлении роста побегов пшеницы при кратковременном за-

- солении NaCl // Физиология растений. – 2005. – Т. 52, № 6. – С. 891-896.
- Ахиярова Г.Р., Фрике В., Веселов Д.С. и др. Накопление и распределение АБК в тканях листа и устьичная проводимость при водном стрессе, индуцированном засолением // Цитология. – 2006. – Т. 48, № 11. – С. 918-923.
- Веселов Д.С., Маркова И.В., Кудоярова Г.Р. Реакция растений на засоление и формирование солеустойчивости // Успехи соврем. биологии. – 2007. – Т. 127, № 5. – С. 482-493.
- Калинина Н.А., Драгозов И.В., Яворская В.К. Фитогормональный баланс корней кукурузы на фоне действия хлоридного засоления и 6-БАП // Ученые записки Таврического национ. ун-та им. В.И. Вернадского. – 2001. – № 14 (53), ч. 1. – С. 84-87.
- Кузнецов Вл.В., Нето Д.С., Борисова Н.Н. и др. Стресс-индуцируемое формирование САМ и предельный адаптационный потенциал растений *Mesembryanthemum crystallinum* в экстремальных условиях // Физиология растений. – 2000. – Т. 47, № 2. – С. 190-198.
- Кулаева О.Н., Прокопцева О.С. Новейшие достижения в изучении механизма действия фитогормонов // Биохимия. – 2004. – Т. 69, № 3. – С. 293-310.
- Мусатенко Л.И., Веденичева Н.П., Васюк В.А. и др. Комплекс фитогормонов в проростках различных по устойчивости к повышенным температурам гибридов кукурузы // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 4. – С. 499-504.
- Палладіна Т.О., Куриленко І.М., Ключко С.В. та ін. Стимулюючий ефект метіуру на ріст та солестійкість паростків кукурудзи // Доп. НАН України. – 2001. – № 6. – С. 177-180.
- Шевякова Н.И., Мусатенко Л.И., Стеценко Л.А. и др. Влияние засоления на содержание полиаминов и фитогормонов в проростках *Phaseolus vulgaris* L. // Доп. НАН України. – 2009. – № 12. – С. 180-185.
- Adams P., Nelson D.E., Yamada S. et al. Growth and development of *Mesembryanthemum crystallinum* (Aizoaceae) // New Phytol. – 1998. – V. 138. – P. 171-190.
- Albacete A., Ghanem M.E., Martinez-Andjar C. et al. Hormonal changes in relation to biomass partitioning and shoot growth impairment in salinized tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants // J. Exp. Bot. – 2008. – V. 59. – P. 4119-4131.
- Atanasova L., Pissurska M., Stoyanov I. Cytokinins and growth responses of maize and pea plants to salt stress // Bulg. J. Plant Physiol. – 1996. – V. 22, № 1-2. – P. 22-31.
- Chakrabarti N., Mukherji S. Alleviation of NaCl stress by pretreatment with phytohormones in *Vigna radiata* // Biol. Plant. – 2003. – V. 46. – P. 589-594.
- Chu C., Dai Z., Ku S.B.M., Edwards G.E. Induction of Crassulacean Acid Metabolism in the facultative halophyte *Mesembryanthemum crystallinum* L. by abscisic acid // Plant Physiol. – 1990. – V. 93. – P. 1253-1260.
- Fricke W., Akhiyarova G., Veselov D., Kudoyarova G. Rapid and tissue-specific changes in ABA and in growth rate response to salinity in barley leaves // J. Exp. Bot. – 2004. – V. 55. – P. 1115-1123.
- Hussein M.M., Nadia H., EL-Gereadly M., EL-Desuki M. Role of putrescine in resistance to salinity of pea plants (*Pisum sativum* L.) // J. Appl. Sci. Res. – 2006. – V. 2. – P. 598-604.
- Kefu Z., Munns R., King R.W. Abscisic acid levels in NaCl-treated barley, cotton and saltbush // Aust. J. Plant Physiol. – 1991. – V. 18. – P. 17-24.
- Kuznetsov V.I., Kruglova A.G., Molodyuk O.I. et al. Hormonal regulation of crassulacean acid metabolism (CAM) and inter-organ stress signal transduction // Phytohormones in Plant Biotechnology and Agriculture. – Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. – P. 195-203.
- Makela P., Munns R., Colmer TD., Peltonen-Sainio P. Growth of tomato and its ABA-deficient mutant (sitiens) under saline conditions // Physiol. Plant. – 2003. – V. 117. – P. 58-63.
- Munns R., James R.A., Louchli A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals // J. Exp. Bot. – 2006. – V. 57. – P. 1025-1043.
- Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance // Ann. Rev. Plant Biology. – 2008. – V. 59, № 1. – P. 651-681.
- Shakirova F.M., Sakhabutdinova M.V., Farkhutdinova R.A., Farkhutdinova D.R. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity // Plant Sci. – 2003. – V. 164. – P. 317-322.
- Schmitt J.M., Piepenbrock M. Regulation of phosphoenolpyruvate carboxylase and crassulacean acid metabolism induction in *Mesembryanthemum crystallinum* L. by cytokinins // Plant Physiol. – 1992. – V. 99. – P. 1664-1669.
- Thomas J.C., Bohnert H.J. Salt stress perception and plant growth regulators in the halophyte *Mesembryanthemum crystallinum* // Plant Physiol. – 1993. – V. 103. – P. 1299-1304.
- Thomas J.C., McElwain E.F., Bohnert H.J. Convergent induction of osmotic stress-responses // Plant Physiol. – 1992. – V. 100. – P. 416-423.

ВЛИЯНИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ФИТОГОРМОНОВ

Voisin A., Reidy B., Parent B. et al. Are ABA, ethylene or their interaction involved in the response of leaf growth to soil water deficit? An analysis using naturally occurring variation or genetic transformation of ABA production in maize // *Plant Cell Environ.* – 2006. – V. 29. – P. 1829-1840.

Winter K. Fixierungsreaktionen bei der salzpflanze *Mesembryanthemum crystallinum* L. unter variierten

aubendigungen // *Planta.* – 1973. – V. 114. – P. 75-85.

Yongyin W., Mopper S., Hasenstein K.H. Effects of salinity on endogenous ABA, IAA, JA and SA in *Iris hexagona* // *J. Chem. Ecol.* – 2001. – V. 27. – P. 327-342.

Поступила в редакцію
01.09.2010 з.

SALINITY EFFECT ON PHYTOHORMONES CONTENT IN MESEMBRYANTHEMUM CRYSTALLINUM L. LEAVES

N. P. Vedenicheva¹, L. V. Vojtenko¹, L. I. Musatenko¹,
L. O. Stetsenko², N. I. Shevyakova²

¹*N.G. Kholodny Institute of Botany
of National Academy of Sciences of Ukraine
(Kyiv, Ukraine)*

²*K.A. Timiryazev Institute of Plant Physiology
of Russian Academy of Sciences
(Moscow, Russia)*

Effects of nutritive medium salinity with 400 mM NaCl (6, 24 and 48 h) on endogenous free and conjugated phytohormones (abscisic acid – ABA, indoleacetic acid – IAA and cytokinins) content in *Mesembryanthemum crystallinum* L. leaves grown in water culture at controlled conditions were studied. Zeatinriboside, isopentenyladenosine, isopentenyladenine and conjugated IAA accumulation under salinity was shown. Extremely low ABA content in control plant and not essential in absolute quantity, but considerable relatively control fluctuation of ABA level under NaCl influence were established.

Key words: *Mesembryanthemum crystallinum* L., abscisic acid, indoleacetic acid, cytokinins, salinity, stress

ВПЛИВ ЗАСОЛЕННЯ НА ВМІСТ ФИТОГОРМОНІВ У ЛИСТКАХ MESEMBRYANTHEMUM CRYSTALLINUM L.

Н. П. Веденічева¹, Л. В. Войтенко¹, Л. І. Мусатенко¹,
Л. О. Стеценко², Н. І. Шевякова²

¹*Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного
Національної академії наук України
(Київ, Україна)*

²*Інститут фізіології рослин ім. К.А. Тімірязєва
Російської академії наук
(Москва, Росія)*

Досліджували вплив засолення поживного середовища (400 mM NaCl) різної тривалості (6, 24 і 48 год) на вміст вільних і зв'язаних фітогормонів (абсцизової кислоти – АБК, індолілоцтової кислоти – ІОК та цитокінінів) у листках рослин *Mesembryanthemum crystallinum* L., які вирощували у водній культурі у факторостатних умовах. Встановлено, що витримування рослин на гіперсолевому розчині призводило до поступового накопичення зеатинрибозиду, ізопентеніладеніну, ізопентеніладенозину і зв'язаної ІОК. Виявлено низький рівень АБК, а також незначні за абсолютною величиною, але суттєві порівняно з контролем, флуктуації цього гормону під впливом NaCl.

Ключові слова: *Mesembryanthemum crystallinum* L., абсцизова кислота, індолілоцтова кислота, цитокініни, засолення, стрес