

Учреждение образования
«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»

Менделеевские чтения – 2019

Сборник материалов
Республиканской научно-практической конференции
по химии и химическому образованию

Брест, 22 февраля 2019 года

Под общей редакцией **Н. Ю. Колбас**

Брест
БрГУ имени А. С. Пушкина
2019

УДК 37+54+57+61+66+371+372+373+378+502+524+538+539+541+542+
543+544+546+574+577+581+631+634+636+661+666+667+691
ББК 24.1+24.2+24.4+24.5
М 50

*Рекомендовано редакционно-издательским советом Учреждения образования
«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»*

Редакционная коллегия:

кандидат технических наук, доцент **Э. А. Тур**
кандидат биологических наук, доцент **Н. Ю. Колбас**
кандидат технических наук, доцент **Н. С. Ступень**

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент **С. В. Басов**
кандидат биологических наук, доцент **Н. М. Матусевич**

М 50 Менделеевские чтения – 2019 : сб. материалов Респ. науч.-
практ. конф. по химии и хим. образованию, Брест, 22 февр.
2019 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Э. А. Тур,
Н. Ю. Колбас, Н. С. Ступень ; под общ. ред. Н. Ю. Колбас. – Брест :
БрГУ, 2019. – 275 с.
ISBN 978-985-555-982-6.

В материалах сборника освещаются актуальные проблемы химии и экологи-
гии, а также отражен опыт преподавания соответствующих дисциплин в высших
и средних учебных заведениях.

Материалы могут быть использованы научными работниками, аспиран-
тами, магистрантами, преподавателями и студентами высших учебных заведе-
ний, учителями химии и другими специалистами системы образования.

УДК 37+54+57+61+66+371+372+373+378+502+524+538+539+541+542+
543+544+546+574+577+581+631+634+636+661+666+667+691
ББК 24.1+24.2+24.4+24.5

УДК 631.8:633.11

С. М. ЛЕНИВКО

БеларусьБрест, БрГУ имени А. С. Пушкина

**О ПРОБЛЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСТЕНИЙ
К СОЛЕВОМУ СТРЕССУ И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТЕРОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Важной, не теряющей своей актуальности проблемой остается получение высоких урожаев растений на фоне возрастающих потенциальных рисков, обусловленных неблагоприятными изменениями, происходящими в биосфере. Засоление почв, засуха, экстремальные температуры и окислительный стресс – основные причины потерь продуктивности сельскохозяйственных растений, приводящие часто к снижению урожайности наиболее важных культур более чем на 50 % [1]. Общие тенденции потепления климата и микроклиматические изменения, связанные с мелиорацией, порождают возникновение засух и увеличение солончакового процесса. Распространенность почв с повышенным присутствием солей представляет серьезную проблему для сельскохозяйственного производства. Засоление почв связано с наличием большого количества главным образом натриевых солей в ризогенном слое. Различают следующие типы засоления: хлоридное, сульфатное и углекислыми солями натрия, при этом хлоридное засоление – самое токсичное для растений. Большинство культурных растений не могут расти при концентрациях хлорида натрия более 400 мМ [1]. Критические концентрации натрия и хлора в клетках, при которых проявляются токсические эффекты, точно не определены. Однако в опытах *in vivo* показано ингибирование активности большинства ферментов при концентрации ионов натрия и хлора менее 100 мМ [2].

Высшие растения имеют механизмы защиты от воздействия стрессового фактора на уровне интактного растения и на клеточном уровне. Стрессовый фактор активирует включение в клетке ответных реакций, связанных с синтезом стрессовых белков, участвующих в передаче сигнала, и антиоксидантов, нейтрализующих свободные радикалы, а также с накоплением осмопротекторов, способных создавать градиент для поглощения воды. Таким образом, устойчивость к засолению обуславливает необходимость адаптации сразу к трем независимым стрессовым факторам – осмотическому, окислительному и токсическому стрессам. Поскольку адаптивные реакции растений на солевой стресс контролируются многими генами, а возможности генно-инженерных методов сегодня основываются на переносе одного или нескольких генов, то конструирование трансгенных

растений, устойчивых к засолению, является довольно сложной задачей [3]. Следовательно, в повышении устойчивости растений к солевому стрессу по-прежнему большое значение будут иметь оптимизация генетически наследуемых параметров методами традиционной адаптивной селекции, а также применение природных и синтетических регуляторов роста растений при обработке семян и посевов.

Всезрастающий в настоящее время интерес к стероидным соединениям как эффективным средствам для повышения неспецифической устойчивости растений к засолению связан с их активностью в отношении различных физиологических процессов, с проявлением действия в низких концентрациях, с безвредностью для объектов окружающей среды. Брасиностероиды, относящиеся к стероидным соединениям, выделены из растений и признаны фитогормонами. Физиологическая роль эндогенных брасиностероидов связана с выраженной специфической ростстимулирующей активностью и защитным действием по отношению к абиотическим факторам: неблагоприятным температурам, засухе, водному стрессу, засолению, повышенному содержанию в почве тяжелых металлов и др. [4]. В настоящее время выделено около 70 природных брасиностероидов, имеющих общий 5 α -холестановый скелет, однако высокая биологическая активность показана только для некоторых представителей брасиностероидов, включая брасинолид, 24-эпибрасинолид и 28-гомобрасинолид [5]. Многолетние практические аспекты использования брасиностероидов в агробиологии были обобщены в ряде обзоров [6–8]. Поскольку физиологические эффекты экзогенных брасиностероидов могут зависеть от видовых и даже сортовых особенностей растений, целью настоящего анализа явилось обобщение сведений о влиянии брасиностероидов в условиях избыточного засоления на устойчивость растений пшеницы – важной зерновой культуры, выращиваемой на больших территориях во многих странах.

Было показано, что опрыскивание брасиностероидами растений смягчает действие засоления, активируя ферментативные антиоксидантные системы, индуцируя синтез осмолитов. Токсичные эффекты, вызванные у пяти сортов пшеницы хлоридом никеля, были нивелированы действием 28-гомобрасинолида благодаря усилению активности антиоксидантных систем и синтезу пролина – многофункционального протектора [9]. Имеются сведения о повышении устойчивости проростков и взрослых растений пшеницы к солевому стрессу под влиянием 24-эпибрасинолида [10; 11]. Для растений пшеницы выявлены сортовые различия в реакции на 24-эпибрасинолид, а именно у более солеустойчивого сорта отмечено большее повышение активности супероксиддисмутазы – единственного фермента, обезвреживающего супероксидный анион-радикал как в ответ на обработку брасиностероидом, так и при его действии на фоне солевого стресса [12].

В то же время отмечено, что экзогенное воздействие brassinosterоидами не всегда приводит к формированию устойчивого ответа. В частности, показано отсутствие положительного влияния 24-эпибрассинолида на активность супероксиддисмутазы как у солеустойчивого, так и у солечувствительного сортов пшеницы в условиях засоления, хотя активность других антиоксидантных ферментов (пероксидазы и каталазы) была индуцирована у солеустойчивого сорта [13]. Обработка листьев brassinosterоидами также помогла преодолеть негативное влияние засоления на продуктивность пшеницы путем усиления синтеза фотосинтетических пигментов и повышения фотосинтеза [13; 14]. Экзогенный brassinosterоид значительно увеличивал концентрацию в клетках и общее поглощение макро- и микроэлементов (N, P, K, Fe, Mn, Zn и Cu) растениями пшеницы при солевом стрессе [14].

Стероидные гликозиды – биологически активные вещества стероидной природы с 27 углеродными атомами. Основу фураностаноловых гликозидов составляет циклопентанопергидрофенантроновый скелет из четырех циклов (A, B, C, D), к которому присоединены кислородсодержащий E-цикл и разомкнутый F-цикл. В настоящее время выделено более 200 гликозидов спиростанолового ряда и более 100 гликозидов фураностанолового ряда [15, с. 14]. Однако они пока не выявлены в растениях пшеницы и тритикале, хотя вероятность присутствия их там велика. Практические результаты использования стероидных гликозидов свидетельствуют о более высокой активности фураностаноловых гликозидов. Возможно, это связано с наличием у них дополнительной оксигруппы в положении C-22. Проведенные эксперименты на растениях в условиях биотического и абиотического стрессов показали, что фураностаноловые гликозиды вызывают неспецифические защитные реакции, повышающие фитоиммунитет и формирующие устойчивость к различного рода стрессам [16]. Обнаружено, что эффективность действия стероидных гликозидов на индуцирование болезнеустойчивости у ячменя и пшеницы зависит не только от химической структуры и дозы вносимого стероидного гликозида, но также от видовых и сортовых особенностей растений и способа их обработки [17]. Основным результатом исследований биологической активности стероидных гликозидов, начавшихся в конце прошлого столетия и активно продолжающихся в настоящее время, является установление адаптогенного эффекта стероидных гликозидов при биотическом стрессе у ряда сельскохозяйственных культур, в том числе и злаков. Однако развитие защитного действия стероидных гликозидов при абиотическом стрессе изучено слабо.

Проведенный анализ представленных в научной литературе данных о потенциальных возможностях использования стероидных соединений в условиях солевого стресса продемонстрировал перспективность прове-

дения дальнейших исследований их биологической активности и практического применения. Результаты исследований многих авторов показали, что индуцированная brassinостероидами и стероидными гликозидами регуляция физиологических эффектов зависит от видовых и даже сортовых особенностей растений. Это указывает на необходимость экспериментальным путем подбирать оптимальную дозу соединения, способствующую повышению растениями устойчивости к засолению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Flowers, T. J. Improving crop salts tolerance / T. J. Flowers // *J. of Experimental Bot.* – 2004. – Vol. 55. – P. 307–319.
2. Битюцкий, Н. П. Растения в условиях засоления / Н. П. Битюцкий // *Минеральное питание растений : учебник / Н. П. Битюцкий.* – СПб., 2014. – Гл. 12. – С. 429–444.
3. Генно-инженерный подход к повышению устойчивости растений к засолению: проблемы и перспективы / Е. Н. Баранова [и др.] // *Проблемы агробиотехнологии / под ред. П. Н. Харченко.* – М., 2012. – С. 49–68.
4. Brassinosteroids and their role in response of plants to abiotic stresses / Q. Fariduddin [et al.] // *Biol. Plant.* – 2014. – Vol. 58. – P. 9–17.
5. Bajguz, A. Brassinosteroids – occurrence and chemical structures in plants / A. Bajguz // *Brassinosteroids: A Class of Plant Hormone / S. Hayat, A. Ahmad (eds.).* – Springer Science + Business Media, 2011. – P. 1–28.
6. Khripach, V. Twenty years of brassinosteroids: Steroidal plant hormones warrant better crops for the XXI century / V. Khripach, V. Zhabinskii, A. De Groot // *Ann. Bot.* – 2000. – Vol. 86. – P. 441–447.
7. Khripach, V. A. New practical aspects of brassinosteroids and results of their ten-year agricultural use in Russia and Belarus / V. A. Khripach, V. N. Zhabinskii, N. B. Khripach // *Brassinosteroids. Bioactivity and Crop Productivity / eds. S. Hayat, A. Ahmad.* – Dordrecht : Kluwer, 2003. – P. 189–230.
8. Bajguz, A. Effects of brassinosteroids on the plant responses to environmental stresses / A. Bajguz, S. Hayat // *Plant Physiol. Biochem.* – 2009. – Vol. 47. – P. 1–8.
9. Protective response of 28-homobrassinolide in cultivars of *Triticum aestivum* with different levels of Nickel / M. Yusuf [et al.] // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 2011. – Vol. 60. – P. 68–76.
10. Влияние 24-эпибрассинолида на гормональный статус растений пшеницы при действии хлорида натрия / А. М. Авальбаев [и др.] // *Приклад. биохимия и микробиология.* – 2010. – Т. 46, № 1. – С. 109–112.
11. Talaat, N. B. 24-Epibrassinolide ameliorates the saline stress and improves the productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.) / N. B. Talaat, B. T. Shawky // *Environ. Exp. Bot.* – 2012. – Vol. 82. – P. 80–88.

12. Talaat, N. B. 24-Epibrassinolide alleviates salt-induced inhibition of productivity by increasing nutrients and compatible solutes accumulation and enhancing antioxidant system in wheat (*Triticum aestivum* L.) / N. B. Talaat, B. T. Shawky // *Acta Physiol. Plant.* – 2013. – Vol. 35. – P. 729–740.

13. Shahbaz, M. Does exogenous application of 24-epibrassinolide ameliorate salt induced growth inhibition in wheat (*Triticum aestivum* L.) / M. Shahbaz, M. Ashraf, H. R. Athar // *Plant Growth Regul.* – 2008. – Vol. 55. – P. 51–64.

14. Eleiwa, M. E. Influence of brassinosteroids on wheat plant (*Triticum aestivum* L.) production under salinity stress conditions. I. Growth parameters and photosynthetic pigments / M. E. Eleiwa, S. O. Bafeel, S. A. Ibrahim // *Australian J. of Basic and Applied Sciences.* – 2011. – Vol. 5. – P. 158–165.

15. Шуканов, В. П. Гормональная активность стероидных гликозидов растений : монография / В. П. Шуканов, А. П. Волынец, С. Н. Полянская ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т эксперим. ботаники им. В. Ф. Купревича. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 244 с.

16. Стероидные фураностаноловые гликозиды – новый класс природных адаптогенов (обзор) / И. С. Васильева [и др.] // *Приклад. биохимия и микробиология.* – 2009. – Т. 45, № 5. – С. 517–526.

17. Шуканов, В. П. Действие стероидных гликозидов на распространение и развитие грибных болезней злаковых культур / В. П. Шуканов // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук.* – 2012. – № 2. – С. 28–31.