

Национальный исследовательский  
Томский государственный университет  
Биологический институт  
Кафедра физиологии растений и биотехнологии  
МОО «Микробиологическое общество»  
Общество физиологов растений России

**БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА И ГЕНОМИКА  
РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ**

**Материалы Всероссийской молодежной  
научной конференции с международным участием  
26–28 апреля 2016 года**

*Под редакцией  
профессора О.В. Карначук*

Томск  
Издательский Дом Томского государственного университета  
2016

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ 24-ЭПИБРАССИНОЛИДА НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ К ИНТЕНСИВНОМУ ХЛОРИДНОМУ ЗАСОЛЕНИЮ

М.К. Малофий<sup>1</sup>, М.В. Ефимова<sup>1</sup>, Ф. Kabil<sup>2</sup>, Вл.В. Кузнецов<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский  
государственный университет, Томск, Россия

<sup>2</sup> Cairo University, Egypt

<sup>3</sup> Институт физиологии растений  
им. К.А. Тимирязева РАН, Москва, Россия

Засоление почв является одной из основных негативных проблем, приводящих к снижению продуктивности агро- и биоценозов, падению биоразнообразия и, как следствие, к значительным экономическим потерям (Kuznetsov, Shevyakova, 2010). Ожидается, что к середине XXI в. в результате интенсивного засоления будет потеряно до 50% пахотных земель сельскохозяйственного назначения (Mahajan S. et al., 2005). Ключевую роль в повышении солеустойчивости растений играют факторы гормональной природы, прежде всего брассиностероиды (Deinlein et al., 2014). В физиологии растений обычно изучают протекторный эффект гормона при его совместном действии с повреждающим фактором. Однако фитогормоны способны реализовывать свое защитное действие на разных этапах адаптации через воздействие на формирование и функционирование тех или иных защитных систем. Целью настоящей работы было определение этапа стрессорного ответа, на котором реализует свой протекторный эффект 24-эпибрассинолид (ЭБЛ).

Исследования проводили на проростках рапса *Brassica napus* L. сорта Вестар. Условия проведения эксперимента указаны в табл. 1. Каждые 5–7 дней проводили замену питательного раствора. Защитное действие гормона определяли по накоплению сырой / сухой биомассы и относительному содержанию воды в листьях растений. Свежую и сухую биомассу растительного материала оценивали гравиметрическим методом. Сухую массу определяли после фиксации материала при 90°C и его вы-

сушивания при 70°C до постоянного веса. Содержание воды (% от сырой массы) рассчитывали исходя из отношения разности сырой и сухой биомассы, отнесенной к сырой массе. Эксперимент проводили два раза.

Таблица 1

**Схема проведения эксперимента**

Варианты	Продолжительность воздействия, сутки			
	1–7	8–14	15–21	22–28
	Прорастание и развитие проростков	Преадаптация	Период стресса	Период восстановления
1	Вода	ПС	ПС	ПС
2		ЭБЛ	ПС	ПС
3		ПС	ЭБЛ	ПС
4		ПС	ПС	ЭБЛ
5		ПС	NaCl	ПС
6		ЭБЛ	NaCl	ПС
7		ПС	NaCl + ЭБЛ	ПС
8		ПС	NaCl	ЭБЛ

ПС – питательная среда; ЭБЛ – 24-эпибрассинолид ( $10^{-10}$  М); концентрация NaCl составляла 175 мМ.

Действие хлоридного засоления приводило к снижению сырой и сухой массы растений рапса на 12 и 29% соответственно по сравнению с контролем (рис. 1). Относительное содержание воды в листьях растений, подвергнутых солевому стрессу, было выше, чем в оптимальных условиях (рис. 2). Это прежде всего связано с тем, что в период стресса растения испытывали водный дефицит, поэтому на этапе восстановления они накапливали в 1,3 раза больше воды относительно контроля. ЭБЛ в оптимальных условиях выращивания растений (2 и 3 вариант, см. табл. 1) не оказывал воздействия на накопление сырой и сухой массы, за исключением варианта, когда гормон добавляли на 22-е сутки (4 вариант, см. табл. 1). Добавление ЭБЛ в этом случае способствовало снижению сырой и сухой массы на 20 и 27% относительно контрольного варианта.

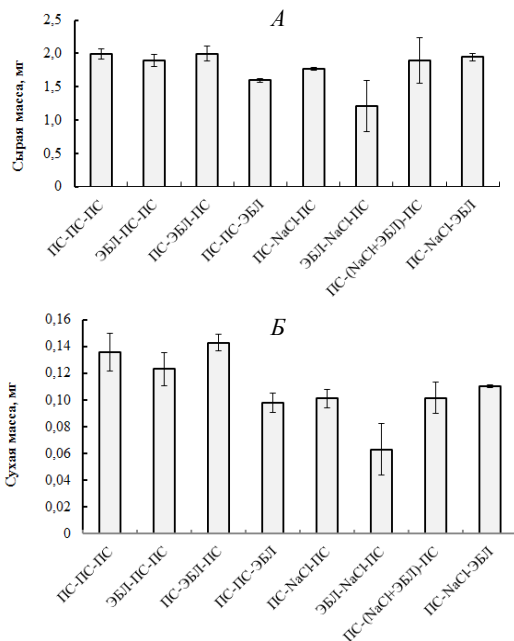


Рис. 1. Влияние 24-эпибрасинолида ( $10^{-10}$  М) и NaCl (175 мМ) на накопление биомассы растениями рапса: А – сырая биомасса; Б – сухая биомасса

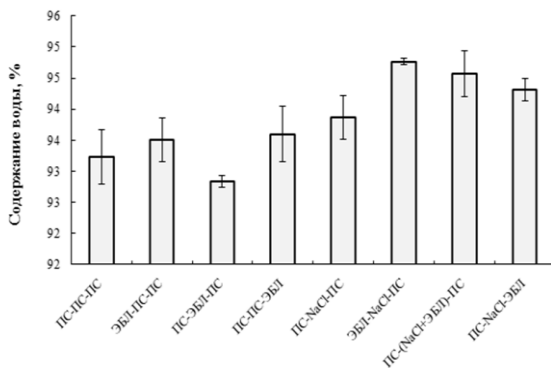


Рис. 2. Влияние 24 - эпибрасинолида ( $10^{-10}$  М) и NaCl (175 мМ) на содержание воды в листьях в процентах от сырой биомассы

Негативный эффект, полученный при засолении или в результате обработки 24-эпибрасинолидом (на 22-е сутки) может быть вызван увеличением эндогенного уровня brassinosterоидов в ответ на данные виды воздействия (Ефимова и др., 2014). Объяснением этого может быть тот факт, что brassinosterоиды – фитогормоны, преобладающие на начальных этапах онтогенеза. На более поздних этапах развития потребность растений в них ниже, экзогенный ЭБЛ может быть избыточным и вызывать ингибирование роста и развития растений. Возможная причина данного явления – подавление экзогенным гормоном биосинтеза эндогенных brassinosterоидов по типу обратной связи. Brassinosterоиды – это единственная группа гормонов, у которых подобная регуляция осуществляется на уровне четырех ферментов (CPD, DWF4, ROT3 и BR6ox), в то время как другие фитогормоны могут задействовать в данном механизме один-два фермента (Hategan et al., 2011).

Чтобы оценить, на каком этапе стрессорного ответа 24-эпибрасинолид реализует свой протекторный эффект при интенсивном засолении, мы обрабатывали растения гормоном на этапе преадаптации, в период стресса и в процессе восстановления. Использование гормона на этапе преадаптации было неэффективным. Максимальный положительный эффект показан при добавлении гормона после солевого воздействия (рис. 1). Скорее всего, данный вариант обработки на фоне хлоридного засоления привел к антагонизму в отношении накопления эндогенного уровня brassinosterоидов; возможное снижение содержания последних могло быть причиной активации накопления сырой и сухой массы растений.

Совокупность представленных выше данных позволяет сделать вывод о том, что способность экзогенного ЭБЛ снижать повреждающее действие хлоридного засоления на накопление биомассы зависит от того, на каком этапе стрессорного ответа проводили гормональную обработку растений: до, во время или после солевого воздействия.

Наибольший защитный эффект ЭБЛ проявлялся в том случае, когда его добавляли на этапе восстановления.

### **Литература**

1. Ефимова М.В., Савчук А.Л., Хасан Дж.А.К., Литвиновская Р.П., Хрипач В.А., Холодова В.П., Кузнецов Вл.В. Физиологические механизмы

повышения солеустойчивости brassinостероидами // Физиология растений. 2014. Т. 61. С. 778–789.

2. *Deinlein U., Stephan A.B., Horie T., Luo W., Xu G., Schroeder J.I.* Plant salt-tolerance mechanisms // Trends in Plant Science. 2014. Vol. 19. P. 371–379.

3. *Hategan L., Godza B., Szekeres M.* Regulation of brassinosteroid metabolism // Brassinosteroids: a class of plant hormone. Springer Netherlands, 2011. P. 57–81.

4. *Kuznetsov V.I., Shevyakova N.I.* Polyamines and plant adaptation to saline environments // Desert Plants. Heidelberg, Dordrecht, London, New York : Springer-Verlag, 2010. P. 261–298.

5. *Mahajan S., Tuteja N.* Cold, salinity and drought stresses: an overview // Arch Biochem. Biophys. 2005. Vol. 444. P. 139–158.

## **ИЗУЧЕНИЕ ИНДУЦИБЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА КСЕНОБИОТИКОВ И ПРИРОДНЫХ СТИМУЛЯТОРОВ НА АКТИВНОСТЬ ФЕНОЛОКИСЛЯЮЩИХ ОКСИДОРЕДУТАЗ *LENTINULA EDODES*\***

**Е. В. Плотников, В. А. Ильюшин, Л. Б. Глухова, О. В. Карначук**

Национальный исследовательский Томский  
государственный университет, Томск, Россия

В связи с увеличением потребности производства и общества в химических предшественниках и медикаментах, экосистемы не способны к эффективной деградации поступающих ксенобиотиков. В последнее время помимо классических загрязнителей (полихлоридные ароматические вещества, полициклические ароматические углеводороды, синтетические красители и взрывчатые вещества), поступающих в экосистемы в значительных количествах, началось массовое исследование микрозагрязнителей (фармацевтические ингредиенты, антипирены, пестициды и др.).

---

\* Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ (соглашение № 16-04-01619/16 от 19.02.2016 г.).