

УДК 577.175.1

А.А. МАРИНЕВИЧ, Е.Г. АРТЕМУК

Брест, БрГУ имени А.С. Пушкина

**ВЛИЯНИЕ БРАССИНОСТЕРОИДОВ
НА АКТИВНОСТЬ АНТИОКСИДАНТНЫХ ФЕРМЕНТОВ
У ГОРОХА ПОСЕВНОГО В УСЛОВИЯХ ТОКСИЧЕСКИХ
КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ КАДМИЯ**

Жизнедеятельность растительных организмов находится в непосредственной зависимости от условий окружающей среды, в адаптации к которым участвует, в частности, гормональная система регуляции. В ее основе лежит синтез и транспорт фитогормонов различной природы, которые играют ключевую роль в регуляции интегральных физиологических процессов растительных организмов, включая развитие ответных реакций на воздействие неблагоприятных факторов среды. Фитогормоны контролируют все этапы онтогенеза высших растений, могут модифицировать ростовые процессы и положительно влиять на устойчивость к действию неблагоприятных факторов. Широкий спектр действия фитогормонов открывает широкие перспективы для их использования в сельском хозяйстве. В частности, весьма перспективными является использование brassinosteroidов и их аналогов [1]. Фитогормоны и их синтетические аналоги активно используются в сельском хозяйстве для усиления роста и продуктивности сельскохозяйственных культур, а также для повышения устойчивости растений к стрессовым условиям.

Браassinosteroidы – фитогормоны класса стероидов, поддерживающие нормальное функционирование иммунной системы растения, особенно в неблагоприятных условиях, например, при пониженных температурах, заморозках, затоплении, засухе, болезнях, действии пестицидов, засолении почвы и др. Также brassinosteroidы – это стрессовые адаптогены, обладающие сильной ростостимулирующей активностью, при этом механизм действия отличен от такового других фитогормонов [2]. Brassinosteroidы усиливают реакцию геотропизма, способствуют дифференциации ксилемы, повышают жизнеспособность пыльцы, задерживают старение листьев, регулируют угол наклона листьев, повышают устойчивость растений к стрессу. Они содержатся в каждой растительной клетке в очень малом количестве. Концентрация ферментов биосинтеза brassinosteroidов наиболее высока в молодых тканях растения: этиолированных проростках, меристемах, флоральных примordiaх, развивающейся пыльце [1].

В последнее десятилетие появилось много работ, связанных с изучением активности антиоксидантных ферментов при токсическом воздействии тяжелых металлов. В них показано, что особое место в защитных реакциях растений на действие тяжелых металлов принадлежит антиоксидантным ферментам (пероксидаза, каталаза), активность которых значительно возрастает в этих токсичных условиях [3]. Это приводит к нейтрализации свободных радикалов и пероксидов, образующихся под влиянием тяжелых металлов и оказывающих повреждающее действие на клетки, что способствует повышению устойчивости. По увеличению активности данных ферментов, как следствие их накопления в растительном организме, можно судить о проявлении защитной реакции клеток к действию кадмия.

Целью нашей работы являлась оценка антистрессового действия брассиностероидов в условиях воздействия ионов кадмия на горох посевной.

В опытах с горохом посевным ионы кадмия в концентрации 10^{-5} М приводили к увеличению активности пероксидазы. Так, активность пероксидазы в корнях увеличивалась на 72,2 %, а в побегах – на 83,0 % (таблица 1). Присутствие гомобрассинолида (в концентрации 10^{-7} %) в среде, содержащей ионы кадмия, приводило к снижению активности пероксидазы (в корнях на 32,0 %, в побегах – на 22,9 %. Присутствие эпикастостерона (в концентрации 10^{-7} %) в среде, содержащей ионы кадмия, приводило к снижению активности пероксидазы в корнях на 40,7 %, в побегах – на 7,7 %.

Таблица 1 – Активность пероксидазы в проростках гороха посевного сорта «Стартер» в различных вариантах опыта

Вариант опыта	Активность пероксидазы, у.е./ г сырой массы	
	корни	побеги
Контроль	17,15 ± 0,28	7,12 ± 0,05
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁵ М	29,53 ± 0,88**	13,03 ± 0,19**
ГБ, 10 ⁻⁷ %	18,03 ± 0,15	11,68 ± 0,44**
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁵ М + ГБ, 10 ⁻⁷ %	20,08 ± 0,23**	10,05 ± 0,16**
ЭК, 10 ⁻⁷ %	18,60 ± 0,06*	11,61 ± 0,26**
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁵ М + ЭК, 10 ⁻⁷ %	17,50 ± 0,20**	12,03 ± 0,20
* – достоверно при P ≤ 0,05; ** – достоверно при P ≤ 0,01		

Исследование активности каталазы в проростках гороха посевного показало, что ионы кадмия приводят к увеличению активности каталазы в корнях на 7,2 %, а в побегах на 9,2 % (таблица 2). Присутствие гомобрассинолида в среде с ионами кадмия приводит к снижению активности каталазы

(в корнях на 11,2 %, в побегах на 9,7 %). Присутствие эпикастостерона снижает активность этого фермента в корнях на 9,9 %, в побегах на 8,6%.

Таблица 2 – Активность каталазы в проростках гороха посевного сорта «Стартер» в различных вариантах опыта

Вариант опыта	Активность каталазы, мкат/л	
	корни	побеги
Контроль	729,98 ± 5,82	904,61 ± 4,12
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁵ М	782,37 ± 4,94*	988,08 ± 2,73**
ГБ, 10 ⁻⁷ %	706,71 ± 9,48	862,29 ± 2,70*
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁵ М + ГБ, 10 ⁻⁷ %	694,46 ± 3,20**	892,04 ± 1,54**
ЭК, 10 ⁻⁷ %	717,86 ± 9,66	947,67 ± 1,21**
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁵ М + ЭК, 10 ⁻⁷ %	705,12 ± 9,74*	903,58 ± 3,79**
* – достоверно при P ≤ 0,05; ** – достоверно при P ≤ 0,01		

Результаты опытов свидетельствуют о том, что под воздействием ионов кадмия увеличивается активность пероксидазы и каталазы, которые являются одним из важнейших механизмов защиты в условиях токсичного действия ионов тяжелых металлов. В результате активации ферментов антиоксидантной защиты (каталазы и пероксидазы) подавляется образование избыточных активных форм кислорода и снижается гибель клеток под действием ионов тяжелых металлов.

Гомобрассинолид и эпикастостерон обладают антистрессовым действием в условиях токсического действия кадмия на горох посевной, что выражается в снижении активности ферментов антиоксидантной системы (каталазы и пероксидазы).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жабинский, В. Н. Синтез, свойства и практическое использование brassinosteroidов и родственных соединений : автореф. дис. ... д-ра. хим. наук : 02.00.03 / В. Н. Жабинский ; Белор. госуд. ун-т. – Минск, 2000. – 46 с.
2. Малеванная, Н. Н. Биологически активные вещества как индукторы устойчивости растений. / Н. Н. Малеванная // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы IV Междунар. науч. конф., Минск, 26–28 октября 2005 г. – Минск, 2005. – С. 14–17.
3. Распределение Cd и Fe в растениях *Mesembryanthemum crystallinum* при адаптации к Cd-стрессу / Н. И. Шевякова [и др.] // Физиология растений. – 2003. – Т.50, № 5. – С. 756–763.