

УДК 577.175.1

Е.Г. АРТЕМУК, А.А. МАРИНЕВИЧ

Беларусь, Брест, БрГУ имени А.С. Пушкина

**БРАССИНОСТЕРОИДЫ И АНТИСТРЕССОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ
ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ В УСЛОВИЯХ ТОКСИЧЕСКИХ
КОНЦЕНТРАЦИЙ ИОНОВ КАДМИЯ**

Тяжелые металлы содержатся в большинстве видов промышленных, энергетических и автотранспортных выбросов и являются индикаторами техногенного воздействия их на окружающую среду. Среди тяжелых металлов главными загрязнителями считаются свинец, кадмий и ртуть, так как их техногенное накопление в окружающей среде идет высокими темпами [1].

Установлено, что в присутствии тяжелых металлов не только тормозятся рост и развитие растений, но и происходят многочисленные структурно-функциональные изменения в фотосинтетическом аппарате, нарушаются процессы дыхания, транспирации, транспорта веществ и т. д. В результате снижается продуктивность отдельных растений и целых фитоценозов, а иногда даже полностью разрушаются растительные сообщества [2].

Исследованию воздействия тяжелых металлов на процессы роста растений посвящено довольно большое число публикаций. Анализ этих работ показывает, что торможение роста является наиболее общим проявлением токсичности тяжелых металлов для растений, что связано, в первую очередь, с их прямым действием на деление и растяжение клеток.

Хорошо известно, что возрастающие дозы тяжелых металлов вызывают у растений в первую очередь замедление роста корней. Под влиянием тяжелых металлов уменьшаются длина главного корня и количество боковых корней, отмирают корневые волоски, снижается биомасса корней. Например, уменьшение длины и биомассы корня в присутствии кадмия отмечено у растений гороха, фасоли, подсолнечника [3].

Негативное действие тяжелых металлов проявляется также в угнетении роста надземной части растений, хотя и в меньшей степени, чем корней. При этом уменьшается высота побега, снижается площадь листовой пластинки, что было обнаружено у растений из разных семейств (например, *Fabaceae*, *Compositae*, *Brassicaceae*, *Cucurbitaceae*) в присутствии различных металлов [4].

Кадмий чрезвычайно токсичен для растений. Он замедляет биосинтез хлорофилла, изменяет водный баланс, снижает активность различных ферментов, способствует закрытию устьиц, индуцирует окислительные стрессы в растениях и замедляет скорость фотосинтеза, тормозит рост растений [5].

В настоящее время разрабатываются различные способы нейтрализации вредного воздействия на растения тяжелых металлов, и все больший интерес представляют биологически активные вещества – регуляторы роста, которые применяются в качестве защиты и повышения устойчивости растений к биотическим и абиотическим факторам [6]. Следует отметить значительный рост в последние годы количества публикаций, в которых обсуждается возможность модификации действия тяжелых металлов на культурные растения при применении регуляторов роста, в частности brassinosteroidов.

Целью нашей работы являлось изучение влияния brassinosteroidов (гомобрассинолида и эпикастостерона) на антистрессовую устойчивость растений пшеницы озимой в условиях воздействия ионов кадмия.

Устойчивость растений пшеницы озимой к ионам кадмия была установлена на основе показателя индекса толерантности (RTI), который представляет собой отношение средней длины корней (побегов) либо массы опытных растений к средней длине корней (побегов) либо массы в контроле.

В результате лабораторного опыта было установлено, что при использовании кадмия в концентрации 10^{-4} М наблюдалось ингибирование роста корешков и побегов у растений пшеницы озимой. Длина корешков уменьшалась на 22,2 %, а побега – на 12,2 % (таблица 1). Соответственно наблюдалось и снижение средней массы 20 корней и побегов.

Предварительная обработка семян гомобрассинолидом в концентрации 10^{-8} % приводила к увеличению длины корней и побегов у растений пшеницы озимой на 13,5 % и 8,0 %. Предварительная обработка семян эпикастостероном в концентрации 10^{-8} %, приводила к увеличению длины корней и побегов у растений пшеницы озимой (на 14,6 % и 9,6 %, соответственно).

Таблица 1 – Влияние гомобрассинолида (ГБ) и эпикастостерона (ЭК) на длину корней, побегов и массу растений пшеницы озимой сорта «Сейлор» при воздействии ионов кадмия (10-е сутки)

Вариант опыта	Корни		Побеги	
	длина	масса (20 шт)	длина	масса (20 шт)
Контроль	106,97±2,93	1,42±0,04	130,35±2,99	1,69±0,03
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	83,22±1,84**	1,26±0,02*	114,47±3,63**	1,52±0,03*
ГБ, 10 ⁻⁸ %	119,43±2,87**	1,57±0,06	151,0±3,83**	1,92±0,05*
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁴ М + ГБ, 10 ⁻⁸ %	94,43±2,28**	1,36±0,06	123,68±2,70*	1,62±0,02
ЭК, 10 ⁻⁸ %	118,22±2,49**	1,55±0,05	150,98±3,10**	1,90±0,04*
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁴ М + ЭК, 10 ⁻⁸ %	95,37±1,81**	1,38±0,05	125,48±3,44*	1,66±0,03*

* – достоверно при $P \leq 0,05$; ** – достоверно при $P \leq 0,01$

Более высокий индекс толерантности отмечался и по массе корней и побегов при предобработке семян пшеницы эпикастостероном (таблица 2), что свидетельствует о том, что эпикастостерон в большей степени повышал устойчивость растений пшеницы озимой к воздействию ионов кадмия.

Таблица 2 – Индекс толерантности пшеницы озимой сорта «Сейлор» к влиянию гомобрассинолида (ГБ) и эпикастостерона (ЭК) при воздействии ионов кадмия (10-е сутки)

Вариант опыта	Корни		Побеги	
	RTI длины	RTI массы (20 шт)	RTI длины	RTI массы (20 шт)
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁴ М	0,78	0,89	0,88	0,90
ГБ, 10 ⁻⁸ %	1,12	1,11	1,16	1,14
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁴ М + ГБ, 10 ⁻⁸ %	0,88	0,96	0,95	0,96
ЭК, 10 ⁻⁸ %	1,11	1,09	1,16	1,12
Cd ²⁺ , 10 ⁻⁴ М + ЭК, 10 ⁻⁸ %	0,89	0,97	0,96	0,98

Таким образом, использование brassinosteroidов (гомобрассинолида и эпикастостерона) в оптимальных концентрациях позволяет повысить устойчивость пшеницы озимой к действию ионов кадмия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дабахов, М.В., Тяжелые металлы: Экотоксикология и проблемы нормирования / М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова. – Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
2. Титов, А.Ф. Тяжелые металлы и растения / А.Ф. Титов., Н.М. Казнина, В.В. Таланова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.
3. Нестерова, А.И. Изменение организации меристемы главных корней проростков кукурузы при действии некоторых тяжелых металлов / А. И. Нестерова // Современные проблемы экологии и анатомии растений: материалы 2-го Всесоюзн. совещ., Владивосток, 10-16 сент. 1990 г. – Владивосток, 1991. – С. 109–116.
4. Barceló, J. Plant water relations as affected by heavy metal stress: A review / J. Barceló, C. Poschenrieder // J. Plant Nutr. – 1990. – № 13. – P. 1–37.
5. Protection of winter rape photosystem 2 by 24-epibrassinolide under cadmium stress / A. Janecko [et al.] // Photosynthetica. – 2005. – № 43. – P. 293–298.
6. Серегин, И.И. Возможность применения регуляторов роста для снижения негативного действия кадмия на рост, развитие и продуктивность яровой пшеницы / И.И. Серегин // Агрехимия. – 2004. – № 1. – С. 71–74.