

Т.А. ДЕМУРА

Криворізький ботанічний сад НАН України,
вул. Маршака, 50, м. Кривий Ріг, 50089

ПОРІВНЯННЯ ВПЛИВУ КОМПЛЕКСНОЇ ДІЇ КАДМІЮ ТА НІКЕЛЮ НА РІСТ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ РІЗНИХ ЗА СТІЙКІСТЮ РОСЛИН

ключові слова: кадмій, нікель, кукурудза, горох, стрес, регулятори росту
key words: cadmium, nickel, maize, pea, stress, growth regulators

T.A. DEMURA

COMPARISON OF CADMIUM AND NICKEL COMPLEX INFLUENCE ON THE ROOT SYSTEM GROWTH OF DIFFERENT BY TOLERANCE PLANTS

Kryvyi Rih Botanical Garden NAS of Ukraine
50 Marshaka Str., Kryvyi Rih, 50089, Ukraine

Tolerance of different sorts of pea and hybrids of maize to the compatible action of cadmium and nickel was investigated. It was established, that among the explored pea sorts the greatest tolerance to the cadmium and nickel ions found out to the sort Kharkovsky jantarny, among the maize hybrids – Blitz 160.

Незважаючи на зростаюче занепокоєння станом довкілля і посилення заходів щодо контролю за окремими його компонентами, протягом останніх десятиріч викиди різноманітних забруднювальних речовин не зменшуються. Зокрема, систематичне застосування мінеральних добрив зумовлює внесення у ґрунт сполук кадмію та нікелю [5]. Із ґрунтів значна частина важких металів надходить у тканини сільськогосподарських рослин і включається в обмінні процеси, спричиняючи порушення перебігу останніх. Результатом токсичного впливу кадмію та нікелю на рослини є не лише фізіолого-біохімічні, а й біометричні прояви, зокрема інгібування росту кореня та пагона [3]. Аналіз наукових літературних джерел свідчить про те, що існує дефіцит робіт, присвячених сумісній дії важких металів. До цього часу не встановлено ступеня токсичності комплексного впливу таких небезпечних поліютантів, як кадмій та нікель. Також потребує вирішення питання щодо пошуку можливих шляхів адаптації рослин до стресових факторів. Результати наукових досліджень свідчать, що деякі регулятори росту можуть підвищувати стійкість рослин до охолодження [2], високих температур [1], засолення [4] та інших чинників. Ми передбачаємо, що використання регуляторів росту може відігравати протекторну роль у випадку сумісної дії кадмію та нікелю та знижувати негативний вплив останніх на ріст та розвиток рослин. Тому метою цієї роботи було дослідження ступеню токсичного впливу сумісної дії нікелю та кадмію, а також з'ясування можливості використання вітчизняних стимуляторів росту для підвищення адаптаційної здатності рослин до комплексного впливу важких металів.

Об'єкти та методи досліджень

Об'єктами досліджень були проростки гороху (*Pisum sativum* L.) сортів Резонатор, Харківський янтарний, Харківський еталонний, Девіз та кукурудзи (*Zea maise* L.) гібридів Бліц 160, Премія 190 МВ, Тон 320 ВС та Євро 401 СВ. Важкі метали у формі сірчаноокислих солей вносили до середовища вирощування у концентрації 1 ГДК, 10 ГДК (що кількісно відповідало для Cd^{2+} 3 мг/л, 30 мг/л, а для Ni^{2+} – 4 мг/л та 40 мг/л, відповідно). Також використовували суміші металів: 1 ГДК Cd + 1 ГДК Ni та 10 ГДК Cd + 10 ГДК Ni. У експериментах застосовували біостимулятори емістим С – для гороху та кукурудзи, агростимулін – для гороху та зеастимулін – для кукурудзи виробництва МНТЦ „Агробіотех” НАН України і МОН України у рекомендованих виробником концентраціях. Для пророщування частину насіння замочували у дистильованій воді на 36 годин за температури +27-28°C, другу – на 8 годин у розчинах регуляторів росту, далі переносили на дистильовану воду на 28 годин. Після цього середовище вирощування замінювали на зазначені розчини важких металів. Через 48 годин вимірювали приріст головного кореня проростків. Кореневий індекс (KI) розраховували за D.Wilkinson [6].

Результати досліджень та їх обговорення

Отримані експериментальні дані свідчать про те, що іони кадмію та нікелю як за індивідуального, так і за комплексного внесення зумовлюють зниження ростових показників майже в усіх проростків вже за гранично допустимих концентрацій (табл.).

Серед досліджуваних сортів гороху найстійкішим до негативного впливу кадмію та нікелю виявився сорт Харківський янтарний. Індивідуальна дія цих важких металів у мінімальній концентрації не впливала на ріст головного кореня. Проте, за комплексного внесення металів у цій же концентрації, довжина кореня достовірно зменшувалася на 12%. За дії іонів у концентрації 10 ГДК довжина кореня знижувалася вже на 15-17%, а за комплексної дії – на 25%.

У всіх інших сортів гороху інгібування росту кореневої системи спостерігалось вже за дії гранично допустимої концентрації металів. Найбільшого пригнічення росту кореня за дії політантів зазнавали проростки сорту Резонатор. Так, за умов індивідуального внесення кадмію та нікелю у мінімальній концентрації мало місце істотне зниження приросту – на 25 та 14%, відповідно.

Сорти Харківський еталонний та Девіз продемонстрували майже однакову чутливість до дії металів і зайняли „проміжну позицію” між проростками сорту Харківський янтарний та Резонатор.

Слід відзначити, що кадмій проявляє більшу токсичність порівняно з нікелем. На прикладі проростків сорту Резонатор вищезазначене твердження ілюструється істотнішим зменшенням довжини кореня у варіантах із використанням кадмію (на 25-35% за дії 1 та 10 ГДК відповідно) порівняно з нікелем (на 14-29% за дії 1 та 10 ГДК відповідно).

Разом з цим, розраховані величини KI за дії сульфату кадмію були нижчими на 7-15% за мінімальної та максимальної концентрації відповідно порівняно з такими ж за дії сульфату нікелю. Аналогічна тенденція спостерігається

ся і в інших сортів гороху та гібридів кукурудзи.

Таблиця

Довжина головного кореня і кореневі індекси (КІ) проростків різних сортів гороху та гібридів кукурудзи у модельному досліді із важкими металами

Варіант досліді	M ± m	КІ	M ± m	КІ
	Резонатор		Бліц 160	
Контроль	3,27±0,08	–	2,71±0,07	–
1 ГДК Cd	2,45±0,07*	0,75	2,39±0,06*	0,88
10 ГДК Cd	2,14±0,07*	0,66	2,07±0,06*	0,76
1 ГДК Ni	2,81±0,06*	0,86	2,87±0,08	1,06
10 ГДК Ni	2,32±0,07*	0,71	2,06±0,05*	0,76
1 ГДК Cd + 1 ГДК Ni	2,58±0,09*	0,79	2,52±0,06*	0,93
10 ГДК Cd + 10 ГДК Ni	2,25±0,07*	0,69	1,67±0,05*	0,62
	Харківський янтарний		Премія 190МВ	
Контроль	2,58±0,09	–	2,76±0,06	–
1 ГДК Cd	2,49±0,09	0,97	2,33±0,08*	0,84
10 ГДК Cd	2,18±0,07*	0,84	1,6±0,05*	0,58
1 ГДК Ni	2,77±0,09	1,07	2,35±0,06*	0,85
10 ГДК Ni	2,12±0,08*	0,82	1,86±0,05*	0,68
1 ГДК Cd + 1 ГДК Ni	2,27±0,08*	0,88	2,16±0,06*	0,78
10 ГДК Cd + 10 ГДК Ni	1,93±0,06*	0,75	1,33±0,04*	0,48
	Харківський еталонний		Тон 320 ВС	
Контроль	2,3±0,07	–	2,01±0,06	–
1 ГДК Cd	2,09±0,06*	0,91	1,69±0,05*	0,84
10 ГДК Cd	1,89±0,06*	0,83	1,47±0,05*	0,73
1 ГДК Ni	1,88±0,06*	0,82	1,77±0,04*	0,88
10 ГДК Ni	1,59±0,05*	0,69	1,58±0,04*	0,79
1 ГДК Cd + 1 ГДК Ni	1,7±0,05*	0,74	1,69±0,05*	0,84
10 ГДК Cd + 10 ГДК Ni	1,28±0,05*	0,56	1,25±0,05*	0,62
	Девіз		Євро 401СВ	
Контроль	2,57±0,06	–	2,16±0,06	–
1 ГДК Cd	2,29±0,06*	0,89	1,84±0,06*	0,85
10 ГДК Cd	1,91±0,06*	0,74	1,49±0,04*	0,69
1 ГДК Ni	2,11±0,06*	0,82	1,98±0,05*	0,92
10 ГДК Ni	1,69±0,04*	0,66	1,7±0,04*	0,79
1 ГДК Cd + 1 ГДК Ni	1,99±0,07*	0,78	1,78±0,05*	0,82
10 ГДК Cd + 10 ГДК Ni	1,67±0,05*	0,65	1,27±0,03*	0,59

Примітка: * – статистично достовірна різниця відносно контролю за $p < 0,05$.

Серед гібридів кукурудзи найстійкішим до кадмієвого та нікелевого „стресу” був Бліц 160. Індивідуальна дія нікелю та суміші металів у мініма-

льній концентрації не спричиняла інгібування росту кореневої системи проростків. Однак, за максимальної концентрації комплексу токсикантів ріст кореня гальмувався на 40%.

Найбільшу чутливість до кадмію та нікелю продемонстрували проростки кукурудзи гібриду Премія 190 МВ. За індивідуальної дії зазначених металів у мінімальній концентрації, величини КІ були близькими для всіх гібридів. Проте, за максимальної концентрації найменша довжина головного кореня відносно до контролю зафіксована для проростків гібриду Премія 190 МВ, а за дії суміші металів ріст у них гальмувався вдвічі.

Як і для сортів гороху, серед гібридів кукурудзи Євро 401 СВ та Тон 320 ВС встановити більше чи менше металотолерантний сорт не вдалося, оскільки вони мали близькі величини КІ у всіх варіантах дослідів, а відповідні абсолютні величини приростів достовірно не відрізнялися.

Протягом модельного дослідів виявилось, що стимулятори росту підвищують толерантність проростків до умов стресового впливу кадмію та нікелю, проте, має місце певна специфічність їхньої дії (рис. 1).

Так, у проростків гороху стійкого до важких металів сорту Харківський янтарний, застосування як агростимуліну, так і емістиму С на фоні важких металів призводило до ще більшого гальмування росту головного кореня. Емістим С проявляв більший інгібіційний ефект порівняно з агростимуліном. Протилежний ефект спричиняла обробка регуляторами росту нестійкого сорту Резонатор. Застосування агростимуліну пом'якшувало негативний вплив поллютантів у всіх варіантах дослідів на 6-25%. Емістим С лише на фоні індивідуальної дії кадмію в мінімальній концентрації знижував інгібіційний ефект останнього. У всіх інших варіантах дослідів для проростків сорту Резонатор обробка цим регулятором не впливала на довжину коренів.

Для проростків кукурудзи спостерігалася аналогічна тенденція. У стійкого гібриду Бліц 160 протекторна функція емістиму С стосовно дії важких металів не була виявлена. Навпаки, за дії 10 ГДК кадмію зафіксоване достовірне зниження довжини головного кореня майже на 15% порівняно з варіантом без застосування регуляторів. У той же час, обробка зеастимуліном призводила до незначного підвищення металотолерантності проростків (на 7-10%) за дії кадмію у мінімальній концентрації та обох варіантів суміші. При обробці регуляторами росту середнього за стійкістю гібриду Євро 401 СВ спостерігався яскравіше виражений протекторний ефект біостимуляторів. За індивідуальної дії кадмію та нікелю в мінімальній концентрації, обидва регулятори підвищували толерантність проростків на 10-25%. Однак вже на фоні 10 ГДК токсикантів та сумісної їхньої дії протекторну роль проявляв лише зеастимулін, тоді як емістим С не впливав на ростові показники коренів.

Аналіз отриманих даних дозволяє сформулювати такі основні положення. Іони кадмію та нікелю інгібують ріст і розвиток кореневої системи проростків гороху та кукурудзи. За кореневим індексом і за приростом головного кореня найстійкішими до дії кадмію та нікелю є сорт гороху Харківський янтарний, у кукурудзи – гібрид Бліц 160. Виявлено, що екзогенні регулятори регулятори росту не підвищують металотолерантність проростків стійких сортів і гібридів, а в деяких варіантах призводять до ще більшого гальмування росту коренів. Вищенаведений ефект, скоріш за все, може пояснюватися тим,

що регулятори росту, стимулюючи поглинання поживних речовин проростками стійких сортів та гібридів, посилюють надходження важких металів. Останні, в свою чергу, призводять до гальмування ростових процесів. На нашу думку, використання біостимуляторів на забруднених важкими металами ґрунтах, імовірно, буде додатковим негативним фактором. Для нестійких або середніх за стійкістю сортів і гібридів застосування регуляторів росту знижує негативний ефект полютантів, що може свідчити про сортоспецифічність дії біостимуляторів. Разом з цим встановлено, що найефективнішими протекторами дії кадмію та нікелю були зеастимулін для кукурудзи та агростимулін для гороху. Захисна функція емістиму С для обох культур була незначною.

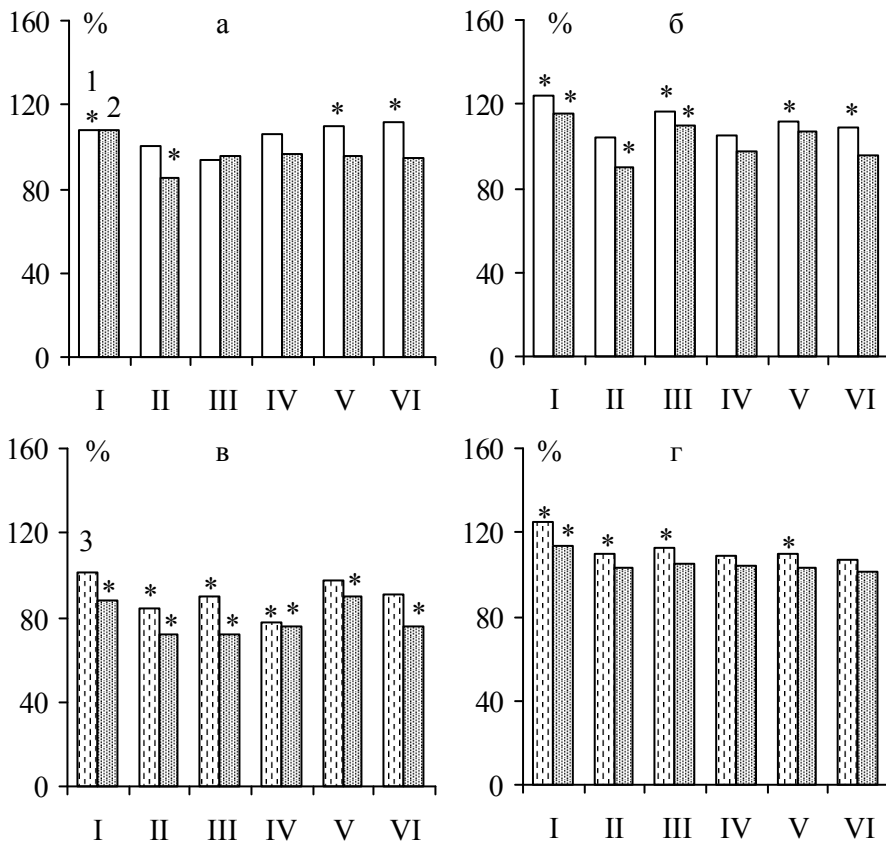


Рис. 1. Вплив регуляторів росту на довжину головного кореня проростків за дії важких металів (% відносно до варіантів дослід з важкими металами без застосування регуляторів): а – кукурудза гібриду Бліц 160; б – кукурудза гібриду Євро 401 СВ; в – горох сорту харківський янтарний; г – горох сорту Резонатор; 1 – зеастимулін; 2 – емістим С; 3 – агростимулін; I – 1ГДК Cd, II – 10ГДК Cd, III – 1ГДК Ni, IV – 10ГДК Ni, V – 1ГДК Cd+1ГДК Ni, VI – 10ГДК Cd+10ГДК Ni. Примітка: * – різниця статистично достовірна відносно до варіантів дослід з важкими металами без застосування регуляторів за $p < 0,05$.

Робота виконана за грантом НАН України конкурсу проектів науково-

дослідних робіт молодих учених НАН України.

ЛІТЕРАТУРА

- 1. Жук О.І., Роїк А.В., Григорюк І.П.** Модифікація ростової реакції озимої пшениці екзогенними ауксинами за високотемпературного стресу // Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35, № 3. – С. 200-204.
- 2. Лукаткин А.С., Башмаков Д.И., Кипайкина Н.В.** Протекторная роль обработки тидиазуроном проростков огурца при действии тяжелых металлов и охлаждения // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 3. – С. 346-348.
- 3. Сищиков Д.В., Гришко В.М.** Накопичення нікелю вегетативними органами проростків гороху та кукурудзи // Доповіді НАН України – 2006. – № 1. – С. 167-172.
- 4. Таланова В.В., Топчиева Л.В., Титов А.Ф.** Влияние абсцизовой кислоты на устойчивость проростков огурца к высокой температуре и хлоридному засолению // Физиология и биохимия культурных растений. – 2003. – Т. 35, № 2. – С. 124-130.
- 5. Kabata-Pendias A., Pendias H.** Trace elements in soils and plants. – Boca Raton: CRC Press, 2001. – 432 p.
- 6. Wilkinson D.A.** The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // New Phytol. – 1978. – Vol. 80, № 3. – P. 623-633.