

УДК 581.1:631.811.98

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ НА СТІЙКІСТЬ ПРОРОСТКІВ КУКУРУДЗИ, РОЗВИТОК ПРОЦЕСІВ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСНЕННЯ ЛІПІДІВ І ВМІСТ АСКОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ ЗА СУМІСНОЇ ДІЇ КАДМІЮ І НІКЕЛЮ

В.М. ГРИШКО, Т.А. ДЕДУРА

*Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України
50089 Кривий Ріг, вул. Маршаків, 50*

Досліджували вплив регуляторів росту на стійкість і розвиток процесів пероксидного окиснення ліпідів, вміст аскорбінової кислоти у вегетативних органах проростків кукурудзи (*Zea mays* L.) гібридів Бліц 160 МВ, Премія 190 МВ, Євро 401 СВ, Тон 320 ВС за сумісної дії кадмію і нікелю. Найчутливішим до зазначених металів виявився гібрид кукурудзи Премія 190 МВ, найвищу толерантність мали проростки гібрида Бліц 160 МВ. Протекторну дію регулятора росту емістиму С виявлено лише у проростків гібрида Тон 320 ВС, зеастимулін забезпечував істотноше зниження або навіть повне зняття негативного впливу кадмію і нікелю на ростові процеси у проростків гібридів Бліц 160 МВ та Євро 401 СВ. Обробка насіння зеастимуліном сприяла посиленню поглинання іонів металів кореневою системою, однак істотно (на 15 % для нікелю і вдвічі для кадмію) знижувала вміст продуктів ПОЛ очевидно внаслідок використання аскорбінової кислоти як антиоксиданту.

Ключові слова: *Zea mays* L., регулятори росту, кадмій, нікель, пероксидне окиснення ліпідів, аскорбінова кислота.

В умовах збільшення техногенного навантаження на агроценози та інтенсифікації виробництва сільськогосподарської продукції невпинно погіршується екологічний стан довкілля. Зокрема, зростання в останнє десятиліття обсягів промислового виробництва й застосування мінеральних добрив зумовило надходження в ґрунт сполук кадмію і нікелю [2, 7—9, 29]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває з'ясування способів підвищення та пошук шляхів посилення адаптаційної здатності рослин до несприятливих екологічних чинників, у тім числі до дії важких металів. З огляду на це дедалі більшу увагу науковців привертає застосування регуляторів росту на основі продуктів природного походження [12]. На сьогодні встановлено, що регулятори росту здатні підвищувати стійкість рослин до низьких [7] та високих температур [3, 19], засолення [19], окремої дії кадмію, цинку, хрому [5, 20—22]. Однак, незважаючи на позитивний вплив цих препаратів, потребує ретельного вивчення можливість їх застосування за сумісного впливу важких металів, зокрема на процеси акумуляції й транслокації токсикантів.

Метою нашої роботи було дослідження стійкості різних гібридів кукурудзи за сумісної дії кадмію і нікелю, а також з'ясування можливості використання регуляторів росту рослин вітчизняного виробництва для підвищення їх толерантності до важких металів.

Методика

Об'єктами досліджень обрано проростки кукурудзи (*Zea mays* L.) гібридів Бліц 160 МВ, Премія 190 МВ, Євро 401 СВ, Тон 320 ВС. Зернівки кукурудзи обробляли регуляторами росту емістимом С та зеастимуліном (виробництва МНТЦ «Агробіотех» НАН України і МОН України) замочуванням їх протягом 8 год у розчинах рекомендованих виробником концентрацій (0,02 мл/кг насіння) [14]. Для встановлення рівня токсичності сумісного впливу кадмію і нікелю 2-добові проростки кукурудзи обраних гібридів витримували упродовж 48 год у розчинах важких металів концентраціями 3 і 30 мг Cd^{2+} /л та 4 і 40 мг Ni^{2+} /л [2]. Кадмій та нікель використовували у вигляді розчинів сірчаноокислих солей. Після цього вимірювали приріст головного кореня й розраховували кореневий індекс (КІ) за Уїлкінсом [28]. Вплив зеастимуліну на акумуляцію кадмію і нікелю, інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів (ПОЛ) та вміст різних форм аскорбінової кислоти у вегетативних органах кукурудзи вивчали у модельних дослідах із проростками гібрида Бліц 160 МВ, які вирощували методом водяної культури на дистильованій воді. На 10-ту добу експерименту в середовище вирощування вносили важкі метали у зазначених вище концентраціях. Рослинний матеріал відбирали на 24-ту годину після внесення металів. Вміст кадмію і нікелю визначали на атомно-адсорбційному спектрофотометрі С-115 (Україна) за загальноприйнятою методикою [10]. Інтенсивність розвитку ПОЛ оцінювали за вмістом первинних (дієнових і триєнових кон'югатів) та вторинних (ТБК-активних) продуктів [6]. Вміст аскорбінової, дегідроаскорбінової та дикетогулонової кислот у листках рослин визначали за методом [18].

У межах окремого варіанта досліду для оцінювання впливу регуляторів росту на толерантність до важких металів кількість проростків становила 100 рослин. Аналітична повторність визначення вмісту важких металів, продуктів ПОЛ та форм аскорбінової кислоти — чотириразова. Експериментальні дані оброблено статистично за загальноприйнятими методиками параметричної статистики за 95 % значущості за Румшиським [15].

Результати та обговорення

Аналіз даних модельних експериментів дає підставу констатувати, що іони кадмію і нікелю за сумісної дії спричинюють зниження ростових показників у всіх дослідних гібридів кукурудзи як за низької, так і за високої концентрації металів (табл. 1). Найчутливішими до сумісного впливу важких металів виявились проростки гібрида Премія 190 МВ. За низької концентрації токсикантів індекс толерантності у них був найменшим серед досліджуваних гібридів, за високої — приріст головного кореня більш ніж удвічі був менший порівняно з контрольним варіантом.

Найбільшу толерантність до важких металів встановлено для проростків гібрида Бліц 160 МВ, приріст кореня в яких за низького вмісту кадмію і нікелю у середовищі вирощування зменшувався лише на 7 %, тоді як у всіх інших — більш ніж на 15 %. Високі концентрації металів істотніше пригнічували ріст (майже на 40 %), проте індекс толерантності у проростків цього гібрида залишався найвищим. За показником приросту головного кореня гібриди кукурудзи Євро 401 СВ і Тон 320 ВС відрізнялись між собою незначно і за толерантністю до важких металів знаходились між гібридами Бліц 160 МВ і Премія 190 МВ.

ТАБЛИЦЯ 1. Довжина головного кореня та кореневий індекс різних гібридів кукурудзи за дії важких металів і регуляторів росту

Варіант досліді	Контроль		3 мг Cd ²⁺ /л + 4 мг Ni ²⁺ /л		30 мг Cd ²⁺ /л + 40 мг Ni ²⁺ /л			
	M	m	M	m	M	m		
Без регуляторів			Блц 160 MB					
Зеастимулін	2,71±0,07		2,52±0,06*		0,93		1,67±0,05*	0,62
Емістим С			2,76±0,06		1,02		1,87±0,05*	0,69
			2,40±0,05*		0,89		1,58±0,05*	0,58
Без регуляторів			Тон 320 BC					
Зеастимулін	2,01±0,06		1,69±0,05*		0,84		1,25±0,05*	0,62
Емістим С			1,68±0,05*		0,84		1,19±0,04*	0,59
			2,29±0,14*		1,12		1,28±0,08*	0,63
Без регуляторів			Премія 190 MB					
Зеастимулін	2,76±0,06		2,16±0,06*		0,78		1,33±0,04*	0,48
Емістим С			1,86±0,05*		0,68		1,25±0,05*	0,45
			2,11±0,07*		0,76		1,58±0,07*	0,57
Без регуляторів			Євро 401 CB					
Зеастимулін	2,16±0,06		1,78±0,05*		0,82		1,27±0,03*	0,59
Емістим С			1,99±0,05*		0,92		1,38±0,04*	0,64
			1,90±0,06*		0,88		1,21±0,04*	0,57

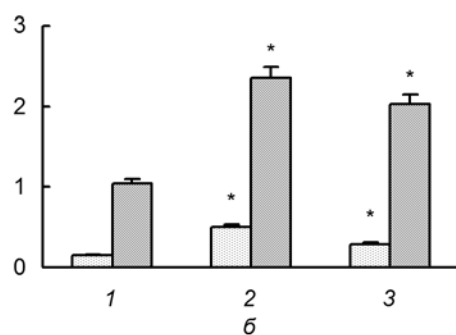
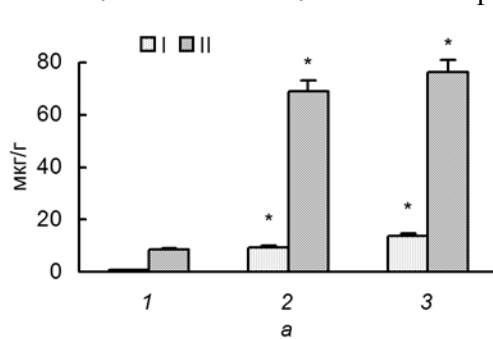
Пр і м і т к а. Тут, у табл. 2 і на рисунку: * — статистично вірогідна відмінність від контролю за $p < 0,05$.

Протягом модельного експерименту встановлено різну чутливість досліджуваних гібридів кукурудзи до дії регуляторів росту. Так, у проростків гібрида Тон 320 ВС у варіанті з низьким вмістом кадмію і нікелю за попередньої обробки емістимом С приріст головного кореня був на 35 % більшим, ніж без застосування регулятора, і на 13 % перевищував контрольний (див. табл. 1). Проте у проростків стійкого й помірно стійкого гібридів кукурудзи Бліц 160 МВ та Євро 401 СВ цей регулятор росту не знижував негативного впливу важких металів. За попередньої обробки насіння зеастимуліном толерантність до важких металів проростків підвищувалась у середньому на 10 %, а у проростків гібрида Бліц 160 МВ за низької концентрації металів спостерігалось повне зняття інгібувального ефекту.

Отже, за результатами первинного скринінгу для подальших досліджень перебігу вільнорадикальних реакцій було обрано найстійкіший до сумісної дії кадмію і нікелю гібрид кукурудзи Бліц 160 МВ та найефективніший протектор їх токсичного впливу — зеастимулін.

Аналізом вмісту кадмію і нікелю у 10-добових проростках цього гібрида протягом 24 год (рисунок) встановлено значно вищу акумуляцію металів у тканинах кореневої системи порівняно з листками. Це пояснюється функціонуванням захисних бар'єрних механізмів у системі корінь—листок, які перешкоджають надходженню токсикантів до надземної частини рослин, що обговорено нами раніше [2].

Експериментальні дані (див. рисунок) засвідчують, що через 24 год вирощування рослин у середовищі, яке містить суміш токсикантів, обидва метали активно поглинаються кореневою системою і транслюкуються



Вміст кадмію — I і нікелю — II (мкг/г сухої речовини) у вегетативних органах проростків кукурудзи гібрида Бліц 160 МВ:

1 — контроль; 2 — 30 мг Cd²⁺/л + 40 мг Ni²⁺/л; 3 — 30 мг Cd²⁺/л + 40 мг Ni²⁺/л + обробка зеастимуліном; а — корені; б — листки

до листків. Це підтверджує підвищення у 8 та 11 разів вмісту нікелю і кадмію в кореневій системі порівняно з контрольними проростками, тоді як у тканинах листків їх вміст перевищував контрольні значення відповідно в 1,7 та 3 рази. Слід зазначити, що в коренях проростків із насіння, обробленого зеастимуліном, кадмію накопичувалось на 45, а нікелю — на 10 % більше, ніж у варіанті без застосування регулятора. Цей факт можна пояснити тим, що регулятор росту стимулює вторинний активний транспорт і тим самим посилює надходження важких металів [14]. Однак попередня обробка зеастимуліном сприяла зниженню рівня акумуляції кадмію в листках майже вдвічі, а нікелю — на 15 %. При аналізі отриманих результатів треба враховувати і той факт, що функціонування бар'єрних механізмів може ін-

тенсифікуватись внаслідок зв'язування й компартименталізації іонів металів у кореневій системі. Регулятори росту впливають на синтез цукрів, аскорбінової кислоти та інших сполук і тим самим, на нашу думку, як прямо, так і опосередковано (через вплив на антиоксидантні системи) здатні знижувати прояви негативного впливу важких металів [14, 16, 17, 29].

Одним із показників інтенсивності реакції організму на дію токсичних сполук вважають вміст продуктів ПОЛ, які до того ж є (принаймні первинні продукти) каталізаторами процесу і забезпечують його самоприскорення [1]. Дослідженням розвитку ПОЛ на ранніх стадіях (за рівнем накопичення дієнових і триєнових кон'югатів) встановлено, що за сумісної дії кадмію і нікелю кількість дієнових і триєнових кон'югатів у коренях кукурудзи перевищувала контрольні значення відповідно в 2,7 та 1,7 раза, тоді як у листках — лише на 25 % (табл. 2). Отримані результати добре узгоджуються зі значно нижчим накопиченням металів в асиміляційному апараті. У разі застосування зеастимуліну вміст дієнових кон'югатів у коренях проростків зменшувався вдвічі порівняно з варіантом без обробки, проте не досягав контрольного рівня. Рівень триєнових кон'югатів знижувався ще більшою мірою — більш ніж у 2,5 раза відносно варіанта без застосування регулятора, що на 30 % нижче за контрольне значення. У листках проростків із насіння, обробленого зеастимуліном, кількість первинних продуктів ПОЛ за дії кадмію і нікелю статистично вірогідно не відрізнялась від контрольного значення, тоді як без обробки — зростала на 20 %.

Збільшенню кількості дієнових і триєнових кон'югатів за сумісної дії кадмію і нікелю відповідало зростання рівня вторинних продуктів ПОЛ. Так, у коренях за сумісної дії забруднювачів виявлено збільшення вмісту ТБК-активних продуктів майже в 5 разів, а в листках — у 4 рази порівняно з контрольним. У варіанті із застосуванням зеастимуліну вміст ТБК-активних продуктів у коренях дорівнював такому у варіанті без обробки, тоді як у листках — на 28 % знижувався.

Як відомо, вільнорадикальне окиснення в рослинних клітинах переривається внаслідок функціонування антиоксидантних систем, провідна роль серед яких належить аскорбатзалежній системі [26, 27]. За припущенням Іванова й Микієвич, високий вміст вітаміну С є необхідним запасом «міцності» в разі порушення системи регенерації аскорбату в клітині [4, 11]. Тому в багатьох роботах аскорбінову кислоту розглядають як інтермедіат окисно-відновних реакцій, з рівнем інтенсивності яких пов'язана стійкість рослин до стресових чинників [13]. Фізіологічні функції аскорбінової кислоти можна поділити на три основні групи: функціонування як кофактора ферментів, детоксикація вільних радикалів, виконання ролі донора/акцептора електронного транспорту в плазматичній мембрані або хлоропластах [25—27]. Незважаючи на важливе біохімічне значення антиоксидантної функції аскорбінової кислоти, яка на відміну від інших низькомолекулярних антиоксидантів (α -токоферол, каротиноїди, флавоноїди та ін.) здатна безпосередньо переривати ланцюги вільнорадикальних реакцій, на сьогодні її метаболізм у рослинах за дії важких металів вивчений не повністю [2, 11].

Аналізом експериментальних даних встановлено, що за дії кадмію й нікелю в коренях і листках проростків спостерігається тенденція до зниження вмісту аскорбінової кислоти й одночасного підвищення кількості її окиснених форм. Це, ймовірно, є наслідком інтенсивного використан-

ТАБЛИЦЯ 2. Вплив важких металів та зєастимулювану на вміст продуктів пероксидного окиснення ліпідів і різних форм аскорбінової кислоти у вегетативних органах проростків кукурудзи гібрида Біліц 160 МВ

Показник	Контроль	30 мг Cd ²⁺ /л + 40 мг Ni ²⁺ /л	30 мг Cd ²⁺ /л + 40 мг Ni ²⁺ /л + зєастимулювану
Коренева система			
Дієнові кон'югати, од. абсорб./г с. р.	4,41 ± 0,01	12,05 ± 0,33*	7,02 ± 0,16*
Триєнові кон'югати, од. абсорб./г с. р.	6,18 ± 0,13	10,57 ± 0,90*	4,07 ± 0,43*
ТБК-активні продукти, 10 ⁻⁶ мкМ МДА/мг білка	5,53 ± 0,11	27,10 ± 0,49*	27,58 ± 0,56*
Аскорбінова кислота, мкг/г с. р.	17,62 ± 0,66	10,26 ± 0,43*	12,83 ± 0,50*
Дегідроаскорбінова кислота, мкг/г с. р.	32,30 ± 1,18	40,90 ± 1,24*	43,21 ± 2,32*
2,3-Дикетоглуконова кислота, мкг/г с. р.	11,83 ± 1,15	58,10 ± 1,40*	73,33 ± 1,62*
Листки			
Дієнові кон'югати, од. абсорб./г с. р.	14,00 ± 0,03	19,01 ± 0,19*	15,05 ± 1,79
Триєнові кон'югати, од. абсорб./г с. р.	17,04 ± 0,15	21,04 ± 1,7*	16,79 ± 0,37
ТБК-активні продукти, 10 ⁻⁶ мкМ МДА/мг білка	3,54 ± 0,44	14,21 ± 0,19*	10,06 ± 0,22*
Аскорбінова кислота, мкг/г с. р.	176,70 ± 2,24	75,86 ± 3,90*	54,88 ± 3,62*
Дегідроаскорбінова кислота, мкг/г с. р.	113,10 ± 3,70	281,50 ± 12,83*	127,30 ± 6,08*
2,3-Дикетоглуконова кислота, мкг/г с. р.	88,89 ± 3,08	209,92 ± 6,34*	350,21 ± 1,37*

Примітка: од. абсорб. — одиниць абсорбції, с. р. — сирій ретовини.

ня антиоксиданту в реакціях знешкодження вільних радикалів (див. табл. 2). Однак слід враховувати, що, як зазначав Школьник [23], нікель є стабілізуючим чинником для антоціанових пігментів, його дія пов'язана з різким активуванням аскорбатоксидази, що також може призводити до зниження вмісту аскорбінової кислоти внаслідок її окиснення.

Експозиція проростків із насіння, попередньо обробленого зеастимуліном, на розчинах металів сприяла зростанню в їхніх коренях вмісту аскорбінової та 2,3-дикетогулонової кислот у середньому на 25 %, тоді як кількість дегідроаскорбату не змінювалась порівняно з варіантом без обробки регулятором росту. Це добре узгоджується зі згаданим вище зниженням вмісту продуктів пероксидного окиснення. Аналогічне зростання рівня вітаміну С за дії близького за складом до зеастимуліну регулятора росту агростимуліну показав Шувар [24] для *Salvia sclarea* L. і *Calendula officinalis* L.

Проте в разі застосування зеастимуліну в листках проростків кількості аскорбінової та дегідроаскорбінової кислот знижувались відповідно на 28 і 54 %, а рівень 2,3-дикетогулонової кислоти збільшувався на 66 % порівняно з необробленими проростками під впливом кадмію і нікелю. Зниження рівня аскорбінової кислоти в листках за дії металів і регулятора росту крім використання в реакціях знешкодження вільних радикалів може бути пов'язане з відтоком антиоксиданту з листків до коренів, оскільки біосинтез аскорбату в рослинах відбувається переважно у листках [26].

Отже, найчутливішим до стресу, спричиненого сумісною дією кадмію і нікелю виявився гібрид кукурудзи Премія 190 МВ, найвищу толерантність щодо досліджуваних металів мали проростки гібрида Бліц 160 МВ. Аналізом експериментальних даних доведено різну чутливість гібридів кукурудзи до дії емістиму С та зеастимуліну. Протекторна функція емістиму С виявлялась лише на проростках гібрида Тон 320 ВС, тоді як за обробки зеастимуліном у проростків гібридів Бліц 160 МВ та Євро 401 СВ значно знижувався або навіть повністю усувався негативний вплив кадмію і нікелю на ростові процеси.

Встановлено, що зеастимулін сприяє посиленому поглинанню іонів металів кореневою системою рослин, однак істотно (на 15 % для нікелю й у 2 рази для кадмію) знижує їх транслокацію до надземної частини, що підтверджує можливу перспективність його застосування за великого вмісту кадмію і нікелю в ґрунті. Позитивним ефектом зеастимуліну є ослаблення негативного впливу на рослини важких металів, що засвідчує зниження вмісту продуктів ПОЛ (дієнових, триєнових кон'югатів, ТБК-активних продуктів) внаслідок використання аскорбінової кислоти як антиоксиданту.

1. Барабой В.А. Биоантиоксиданты. — Киев: Книга плюс, 2006. — 462 с.
2. Гришко В.М., Демура Т.А. Интенсивність акумуляції кадмію і нікелю та рівень їх фітотоксичності за сумісної дії на проростки кукурудзи // Доп. НАН України. — 2008. — № 5. — С. 161—167.
3. Жук О.І., Роїк А.В., Григорюк І.П. Модифікація ростової реакції озимої пшениці екзогенними ауксинами за високотемпературного стресу // Физиология и биохимия культур растений. — 2003. — 35, № 3. — С. 200—204.
4. Иванов Б.Н. Восстановление кислорода в хлоропластах и аскорбатный цикл // Биохимия. — 1998. — 63, № 2. — С. 165—170.
5. Іванченко О.Є. Еколого-фізіологічні особливості азотного обміну декоративних одnorічних рослин як індикатора забруднення промислових територій залізом та хромом: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — Дніпропетровськ, 2006. — 20 с.

6. Камышиников В.С. Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике: В 2 т. — Т. 2. — Минск: Беларусь, 2000. — С. 207.
7. Лукаткин А.С., Башмаков Д.И., Кипайкина Н.В. Протекторная роль обработки тиазуроном проростков огурца при действии тяжелых металлов и охлаждения // Физиология растений. — 2003. — **50**, № 3. — С. 346—348.
8. Медведев В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. — Харьков: ПФ «Антиква», 2002. — 428 с.
9. Мельничук Ю.П. Влияние ионов кадмия на клеточное деление и рост растений. — Киев: Наук. думка, 1990. — 148 с.
10. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. — М.: Б.и., 1989. — 62 с.
11. Микієвич І.М. Роль аскорбінової кислоти та ферментів її метаболізму в адаптації рослин до токсичної дії іонів свинцю: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — Львів, 2003. — 20 с.
12. Моргул В.В., Яворська В.К., Драговоз І.В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні // Физиология и биохимия культ. растений. — 2002. — **34**, № 5. — С. 371—375.
13. Полесская О.Г., Каширская Е.И., Алехина Н.Д. Изменение активности антиоксидантных ферментов в листьях и корнях пшеницы в зависимости от формы и дозы азота в среде // Физиология растений. — 2004. — **51**, № 5. — С. 686—691.
14. Пономаренко С.П. Регуляторы роста растений. — Киев: Интертехнодрук, 2003. — 319 с.
15. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. — М.: Наука, 1971. — 192 с.
16. Сакало В.Д., Курчий В.М. Влияние предпосевной обработки семян сахарной свеклы регуляторами роста на метаболизм сахарозы и продуктивность // Физиология и биохимия культ. растений. — 2002. — **34**, № 2. — С. 113—119.
17. Сакало В.Д., Пономаренко С.П., Курчий В.М. Влияние сроков обработки эмицимом С и бетастимулином на метаболизм сахарозы и продуктивность сахарной свеклы // Агробиохимия. — 2004. — № 5. — С. 59—60.
18. Специальный практикум по биохимии и физиологии растений / Под ред. проф. М.М. Окунцова. — Калининград: Изд-во Калинингр. ун-та, 1981. — 37 с.
19. 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 культ. растений. — 2003. — **35**, № 2. — С. 124—130.
20. Ульяненко Л.Н., Арышева С.П., Филипас А.С. и др. Влияние циркона на рост пшеницы и накопление Сd в урожае // С.-х. биология. — 2005. — № 1. — С. 39—43.
21. Ульяненко Л.Н., Филипас А.С., Алексахин Р.М., Дьяченко И.В. Использование биологически активных веществ при реабилитации техногенно загрязненных сельхозугодий // Вестн. Рос. акад. с.-х. наук. — 1999. — № 2. — С. 49—51.
22. Чурсина Е.В., Малахова И.П., Сидоренкова Н.К. Применение регулятора роста циркон для снижения токсического действия цинка на продуктивность и химический состав яровой пшеницы // Прикл. биохимия и микробиология. — 1998. — **34**, № 1. — С. 87—90.
23. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. — Л.: Наука, 1974. — 324 с.
24. Шувар Н., Закалик Г., Терек О. Вітаміни лікарських рослин за впливу екологічно чистих регуляторів росту: Онтогенез рослин у природному та трансформованому середовищі. Фізіолого-біохімічні та екологічні аспекти // Тези доп. III Міжнар. конф. (Львів, 4—5 жовт., 2007). — Львів, 2007. — С. 93.
25. Horemans N., Foyer C.H., Potters G., Asard H. Ascorbate function and associated transport systems in plants // Plant Physiol. Biochem. — 2000. — **38**. — P. 531—540.
26. Pignocchi C., Kiddle G., Hernandez I. Ascorbate oxidase-dependent changes in the redox state of the apoplast modulate gene transcript accumulation leading to modified hormone signaling and orchestration of defense processes in tobacco // Plant Physiol. — 2006. — **141**. — P. 423—435.
27. Shigeoka S., Yoshimura K., Ishikawa T. Role of ascorbic acid in the protective system of plants against the photooxidation damages // Vitamins. — 2003. — **77**, N 7. — P. 363—375.
28. Wilkins D.A. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth // New Phytol. — 1978. — **80**, N 3. — P. 623—633.
29. Yang X.E., Baligar V.C., Foster J.S., Martens D.C. Accumulation and transport of nickel in relation to organic acids in ryegrass and maize grown with different nickel levels // Plant Soil. — 1997. — **196**. — P. 271—276.

Отримано 19.08.2008

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОРОСТКОВ

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОРОСТКОВ КУКУРУЗЫ, РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРОКСИДНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ И СОДЕРЖАНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ ПРИ СОВМЕСТНОМ ДЕЙСТВИИ КАДМИЯ И НИКЕЛЯ

В.Н. Гришко, Т.А. Демур

Криворожский ботанический сад Национальной академии наук Украины

Исследовали влияние регуляторов роста на устойчивость и развитие процессов пероксидного окисления липидов, содержание аскорбиновой кислоты в вегетативных органах проростков кукурузы (*Zea mays* L.) гибридов Блиц 160 МВ, Премия 190 МВ, Евро 401 СВ, Тон 320 ВС при совместном действии кадмия и никеля. Наиболее чувствительным к указанным металлам оказался гибрид кукурузы Премия 190 МВ, наивысшую толерантность имели проростки гибрида Блиц 160 МВ. Протекторное действие регулятора роста эместима С обнаружено лишь у проростков гибрида Тон 320 ВС, зеастимулин обеспечивал более существенное снижение или даже полное снятие негативного влияния кадмия и никеля на ростовые процессы у проростков гибридов Блиц 160 МВ и Евро 401 СВ. Обработка семян зеастимулином способствовала усилению поглощения ионов металлов корневой системой, однако существенно (на 15 % для никеля и вдвое для кадмия) снижала содержание продуктов ПОЛ предположительно вследствие использования аскорбиновой кислоты как антиоксиданта.

INFLUENCE OF GROWTH REGULATORS ON MAIZE SEEDLINGS RESISTANCE, LIPID PEROXIDATION PROCESSES DEVELOPMENT AND ASCORBIC ACID CONTENT AT CADMIUM AND NICKEL JOINT ACTION

V.M. Grishko, T.A. Demura

Kryvyi Rig Botanic Garden, National Academy of Sciences of Ukraine
50 Marshak St., Kryvyi Rig, 50089, Ukraine

Growth regulators influence on resistance, lipid peroxidation processes development and ascorbic acid content in the vegetative organs of maize seedlings (*Zea mays* L.) of hybrids Blitz 160 MV, Premiya 190 MV, Euro 401 SV, Tone 320 VS at cadmium and nickel joint action was investigated. The maize hybrid Premiya 190 MV appeared most sensitive to the noted metals, and the greatest metal tolerance showed hybrid Blitz 160 MV. It has been shown that the growth regulator emistim C protector influence was only at hybrid Tone 320 VS seedlings, while zeastimulin caused more substantial decline or even complete removal of negative cadmium and nickel influence on growth processes at hybrids Blitz 160 MV and Euro 401 SV seedlings. Seeds treatment by zeastimulin increased metals absorption by roots however substantially (on 15 % for a nickel and twice for a cadmium) reduced lipids peroxidation products content probably by the use of ascorbic acid as antioxidant.

Key words: *Zea mays* L., growth regulators, cadmium, nickel, lipids peroxidation, ascorbic acid.