

УДК 581.14:581.5

О. М. Піскова, О. М. Вінниченко, В. М. Гришко

*Дніпропетровський національний університет,  
Криворізький ботанічний сад НАН України*

## **ІНГІБУВАННЯ РОСТУ ПРОРОСТКІВ КУКУРУДЗИ ЗА СПІЛЬНОЇ ДІЇ ХРОМУ ТА НІКЕЛЮ**

Досліджено токсичність впливу спільної дії хрому сірчаноокислого та нікелю сірчаноокислого на ріст і розвиток проростків кукурудзи. Доведено, що їх спільна дія за низької концентрації ( $10^{-5}$  М) призводить до суттєвого пригнічення росту як надземної, так і кореневої системи кукурудзи. На початку росту кукурудзи більший негативний ефект за дії суміші солей у високій концентрації ( $10^{-4}$  М) проявлявся для кореневої системи проростків, а на шосту добу ріст кореневої системи та надземної частини пригнічувався майже в однаковій мірі. Внесення нікелю у високій концентрації на тлі низької концентрації хрому більшою мірою, ніж хрому за високої концентрації на тлі низького вмісту нікелю, пригнічує накопичення маси сирої речовини проростків, тоді як на довжину коренів та листків вони здійснювали однаковий ефект.

О. М. Piskova, О. М. Vinnichenko, V. M. Grishko

*Dnipropetrovsk National University  
Botanical Garden NAN Ukraine of Kryvyi Rig*

## **SUPPRESSION OF MAIZE PLANTLETS GROWTH UNDER MUTUAL ACTION OF CHROMIUM AND NICKEL**

Mutual toxicity of chromium and nickel sulphates for growth and development of maize plantlets was studied. Its combined action at low concentrations ( $10^{-5}$  M) results to significant suppression of growth of both above-ground and root systems of maize. At the beginning of growth the greater negative effect of the salts mixture at high concentration ( $10^{-4}$  M) was observed for the plantlets' roots. Then, on the sixth day, the growth of above-ground and root system was inhibited equally. Application of high nickel concentration and low chrome concentration, in contrast to high chromium and low nickel levels, depresses the biomass gain. Meanwhile the length of roots and leaves was affected by both variants of concentrations identically.

### **Вступ**

Підвищення рівня техногенного забруднення навколишнього середовища внаслідок використання екологічно-небезпечних технологій у промисловості та сільському господарстві є однією з важливих проблем сучасної екологічної фізіології рослин [2]. Забруднення середовища хімічними речовинами на сьогодні – один із провідних факторів, який призводить до суттєвих змін практично всіх компонентів біосфери. Серед хімічних забруднювачів важкі метали розглядаються як найважливіші в екологічному, біологічному та медичному розумінні [4]. Присутність зазначених поллютантів в атмосфері, ґрунті та воді, навіть у слідових концентраціях, може викликати значні порушення функціонування рослинних організмів [8; 9].

Серед важких металів нікель і хром є одними з високотоксичних і відносяться до II класу небезпеки. Унаслідок високої мобільності та здатності накопичуватися у живих

організмах нікель може суттєво порушувати метаболізм, інгібувати ріст, розвиток і знижувати продуктивність рослин [3; 8; 9]. Стосовно хрому на сьогодні відомо, що його доступність для рослин (незважаючи на значну кількість у ґрунтах промислових регіонів) обмежена, залежить від валентності іона [4; 9; 13]. Одними з установлених негативних ефектів надлишку  $Cr^{3+}$  є пригнічення світлових реакцій фотосинтезу та гальмування активності деяких ферментів азотного метаболізму, що обумовлює зниження накопичення деяких амінокислот [1; 6; 7]. Якщо ефекти токсичного впливу окремих інгредієнтів забруднення агроценозів на інтенсивність ростових процесів провідних сільськогосподарських культур досліджені досить повно [3; 6; 8; 12; 15], то відомості про токсичність спільної дії хрому та нікелю до сьогодні залишаються ще не достатніми. Слід зазначити, що у природному середовищі, як правило, має місце комбінований вплив речовин антропогенного походження на рослинні об'єкти. Тому мета роботи – оцінити вплив комбінованої дії хрому та нікелю на ріст проростків кукурудзи.

### Матеріал і методи досліджень

Об'єкти досліджень – проростки кукурудзи гібриду Біліц-160 МВ, що вирощували на дистильованій воді (контроль) та за сумісної дії  $Cr^{3+}$  і  $Ni^{2+}$  у концентраціях  $10^{-5}$  М (низька) і  $10^{-4}$  М (висока) у суміші:  $10^{-5}$  М  $Ni$  +  $10^{-5}$  М  $Cr$ ,  $10^{-5}$  М  $Ni$  +  $10^{-4}$  М  $Cr$ ,  $10^{-4}$  М  $Ni$  +  $10^{-5}$  М  $Cr$ ,  $10^{-4}$  М  $Cr$  +  $10^{-4}$  М  $Ni$ . Як джерело важких металів використовували наступні сполуки:  $NiSO_4 \cdot x 7H_2O$  і  $Cr_2(SO_4)_3 \cdot x 6H_2O$ . Для пророщування насіння замочували на 36 годин при температурі  $+27 \dots +28^\circ C$ . Далі проростки переносили на відповідні середовища та вирощували за природного рівня освітленості і температури  $+25^\circ C$ . У кожному варіанті досліджу було 150 рослин, повторність дослідів – трикратна. На третю та шосту добу вимірювали приріст головного кореня та надземної частини, масу сирої речовини кореневої системи та надземної частини проростків. Інтенсивність ростових процесів оцінювали за приростом головного кореня протягом третьої та шостої доби. Кореневий індекс розраховували за D. A. Wilkinson [16], а ростового інгібування – за L. Leita [14]. Статистичну обробку експериментальних даних проводили за загальноприйнятими методами параметричної статистики на 95 % рівні значимості [5].

### Результати та їх обговорення

Отримані в результаті проведення модельних дослідів дані свідчать про пригнічення росту та розвитку проростків кукурудзи за умов стресового впливу як високих, так і низьких концентрацій сполук нікелю та хрому. Слід зазначити, що, навіть за їх низької концентрації у суміші більш шкідливого впливу, на відміну від надземної частини, зазнала коренева система проростків. Довжина головного кореня у тридобових проростків зменшувалась на 57 % відносно контролю, тоді як довжина листків – на 38 % (табл.). Встановлена закономірність проявляється більшою мірою з подовженням часу впливу зазначених важких металів. На шосту добу приріст головного кореня у проростків кукурудзи у вищезазначеному варіанті дослідів зменшувався в 3,1 раза, тоді як довжина листка лише в 1,2 раза. Тобто за використаної у досліді мінімальної концентрації сполук хрому та нікелю спостерігаються суттєвіші порушення метаболізму передусім у клітинах коренів, тому що їх надходження до рослинних організмів здійснюється саме через кореневу систему. Цілком імовірним є встановлене нами в досліді більше пригнічення росту та розвитку кореневої системи, ніж надземної частини рослин. Поряд із цим при обговоренні даних необхідно враховувати, що існуючі анатомо-фізіологічні бар'єри щодо транспорту полутантів не дозволяють досягти високого їх рівня в надземній частині рослин, унаслідок чого спостерігається менше інгібування ростових процесів [10–12]. За висо-

кої концентрації солей зазначених елементів у три- та шестидобових проростках кукурудзи спостерігається майже однакова інтенсивність пригнічення довжини головного кореня та листків.

Таблиця

Вплив хрому та нікелю на ріст проростків кукурудзи

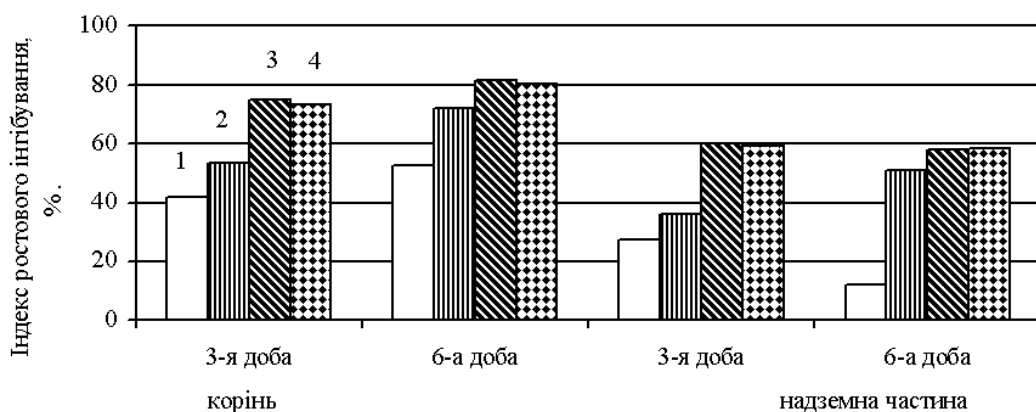
Об'єкт	Параметр	Варіант досліду	$M \pm m$	$V, \%$	% до контролю	$t_{st}$	$KI$
3-добові проростки	довжина кореня, мм	контроль	88,04±4,60	25,7	—	—	—
		$10^{-5} M Ni \pm 10^{-5} M Cr$	38,32±2,00	25,6	43,5	9,9	0,44
		$10^{-5} M Ni \pm 10^{-4} M Cr$	29,40±1,13	18,8	33,4	12,4	0,33
		$10^{-4} M Ni \pm 10^{-5} M Cr$	32,80±1,12	16,8	37,3	11,7	0,38
		$10^{-4} M Ni \pm 10^{-4} M Cr$	30,80±1,30	20,7	35,0	12,0	0,35
	довжина листка, мм	контроль	15,56±1,30	40,9	—	—	—
		$10^{-5} M Ni \pm 10^{-5} M Cr$	11,12±0,88	38,6	71,5	2,8	—
		$10^{-5} M Ni \pm 10^{-4} M Cr$	8,40±0,83	48,7	54,0	4,7	—
		$10^{-4} M Ni \pm 10^{-5} M Cr$	7,72±0,65	41,5	49,6	5,4	—
		$10^{-4} M Ni \pm 10^{-4} M Cr$	5,64±0,56	48,8	36,2	7,0	—
6-добові проростки	довжина кореня, мм	контроль	127,88±4,70	18,1	—	—	—
		$10^{-5} M Ni \pm 10^{-5} M Cr$	41,36±2,32	27,4	32,3	16,5	0,32
		$10^{-5} M Ni \pm 10^{-4} M Cr$	35,72±1,46	20,1	27,9	18,7	0,28
		$10^{-4} M Ni \pm 10^{-5} M Cr$	32,52±1,81	27,2	25,4	18,9	0,25
		$10^{-4} M Ni \pm 10^{-4} M Cr$	32,96±1,06	15,8	25,8	19,7	0,26
	довжина листка, мм	контроль	30,12±2,21	36,0	—	—	—
		$10^{-5} M Ni \pm 10^{-5} M Cr$	24,16±0,92	18,7	80,2	2,5	—
		$10^{-5} M Ni \pm 10^{-4} M Cr$	10,76±1,44	65,5	35,7	7,3	—
		$10^{-4} M Ni \pm 10^{-5} M Cr$	11,12±1,31	57,6	36,9	7,4	—
		$10^{-4} M Ni \pm 10^{-4} M Cr$	7,40±0,94	62,2	24,6	9,5	—

Отримані дані добре узгоджуються з розрахованими значеннями кореневого індексу та інгібуючої дії суміші сполук хрому та нікелю у високій концентрації на формування асиміляційного апарату. Якщо значення першого показника на третю та шосту добу експерименту становили 0,35 та 0,26, то середня довжина листків проростків – 36,2 та 24,6 % до контролю відповідно (див. табл.). Виконані дослідження дозволили встановити однаковий пригнічувальний ефект на довжину листків і коренів за високої концентрації одного з токсикантів на тлі низької іншого. Однак аналіз даних щодо утворення біомаси як кореневої системи, так і надземної частини проростків у зазначених вище варіантах дослідів свідчить про більший пригнічувальний ефект нікелю, ніж хрому (рис.).

Причому встановлена вище закономірність найчіткіше проявляється для кореневої системи та асиміляційного апарату на початкових етапах росту проростків. Для тридобових проростків індекс ростового інгібування для кореневої системи ( $PI_{плз}$ ) у варіанті дослідів за дії високої концентрації нікелю на тлі низької хрому становив 75 %, тоді як у варіанті із внесенням до середовища вирощування хрому у високій концентрації, а нікелю в мінімальній – 54 %. Для надземної частини проростків розрахований показник становив 60 і 36 % відповідно.

Зміни маси сирової речовини проростків свідчать про статистично достовірне зменшення маси кореневої системи у тридобових проростків від 77,4 мг/рослину в умовах контролю до 45,0 та 20,8 мг/рослину за дії високої та низької концентрацій суміші солей нікелю та хрому відповідно. Повільніше зменшується маса надземної частини пророст-

ків. Якщо в контрольних рослин вона становить 55,2 мг/рослину, то у зазначених вище варіантах досліду зменшується у 1,4 та 2,4 раза відповідно.



**Рис. Значення індексу ростового інгібування для проростків кукурудзи за спільної дії хрому та нікелю:**

1 –  $10^{-5} \text{ M Ni} + 10^{-5} \text{ M Cr}$ ; 2 –  $10^{-5} \text{ M Ni} + 10^{-4} \text{ M Cr}$ ;  
3 –  $10^{-4} \text{ M Ni} + 10^{-5} \text{ M Cr}$ ; 4 –  $10^{-4} \text{ M Cr} + 10^{-4} \text{ M Ni}$ .

Із подовженням тривалості дії токсичних сполук зазначена закономірність зберігається. На шосту добу значення показника  $PI_{\text{надз}}$  у варіанті з низьким вмістом важких металів у середовищі вирощування становило 12 %, тоді як за дії їх високої концентрації збільшується в 4,9 раза (див. рис.). Про більший інгібуючий ефект на кореневу систему спільної дії сполук хрому та нікелю свідчить менше зростання зазначеного показника (в 1,5 раза) порівняно з розрахованим для надземної частини.

### Висновки

Спільна дія сірчаноокислих солей хрому та нікелю вже за низьких концентрацій ( $10^{-5} \text{ M Ni}^{2+}$  та  $10^{-5} \text{ M Cr}^{3+}$ ) призводить до суттєвого пригнічення росту як надземної, так і кореневої системи кукурудзи. На початку росту кукурудзи більший негативний ефект за дії суміші солей у високій концентрації ( $10^{-4} \text{ M Ni}^{2+}$  та  $10^{-4} \text{ M Cr}^{3+}$ ) проявлявся для кореневої системи проростків, а на шосту добу ріст кореневої системи та надземної частини пригнічувався в однаковій мірі. Внесення нікелю у високій концентрації на фоні низької концентрації хрому більшою мірою, ніж хрому за високої концентрації на фоні низького вмісту нікелю, пригнічує накопичення маси сирової речовини проростків, тоді як на довжину коренів та листків вони здійснювали однаковий ефект.

### Бібліографічні посилання

1. **Бессонова В. П.** Сумісна дія надлишку  $Fe^{2+}$  і  $Cr^{3+}$  в середовищі вирощування *Lathyrus odoratus* і *Tagetes patula* на реакцію Хілла і фотовідновлення НАДФ / В. П. Бессонова, О. Є. Іванченко // Вісник Запор. ун-ту. – Запоріжжя: Вид-во ЗДУ, 2003. – № 1. – С. 117–120.
2. **Вінниченко О. М.** Екофізіологічні проблеми фітоценозів та біологічна активність едафотопів в умовах техногенних територій / О. М. Вінниченко, Л. Г. Долгова // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. – Т. 2. – К.: Логос, 2001. – С. 23–36.
3. **Вплив важких металів на перебіг вірусних інфекцій рослин** / О. В. Шевченко, І. Г. Будзанівська, В. П. Патика та ін. – К., 2003. – 223 с.
4. **Гришко В. Н.** Толерантність кукурузи к различным солям кадмия и никеля и содержание антиоксидантов / В. Н. Гришко, Д. В. Сьщиков // Доповіді НАНУ. – 2002. – № 11. – С. 170–175.

5. **Доспехов Б. А.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 531 с.
6. **Іванченко О. Є.** Вплив надлишку хрому та заліза в середовищі вирощування на поглинальну активність коренів *Lathyrus odoratus* і *Lupinus x hybridus* // Фізіологія рослин та екологія. Матер. Всеукр. наук.-практ. конф. – Д.: ДДАУ, 2003. – С. 37–39.
7. **Іванченко О. Є.** Еколого-фізіологічні особливості азотного обміну декоративних однорічних рослин як індикатора забруднення промислових територій залізом та хромом: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. – Д.: ДНУ, 2006. – 20 с.
8. **Ильин В. Б.** Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 325 с.
9. **Кабата-Пендиас А.** Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
10. **Колупасв Ю. Є.** Стресові реакції рослин (молекулярно клітинний рівень). – Харків: ХДУ, 2001. – 173 с.
11. **Коцюбинская Н. П.** Эколого-физиологические аспекты адаптации культурных растений к антропогенным условиям среды. – Д.: ДГУ, 1995. – 172 с.
12. **Серегин И. В.** Передвижение ионов кадмия и свинца по тканям корня / И. В. Серегин, В. Б. Иванов // Физиология растений. – 1998. – Т. 45, № 6. – С. 899–905.
13. **Яковлева С. О.** Біологія інтродукованих квітково-декоративних однорічних рослин різних систематичних груп в умовах забруднення оточуючого середовища хромом: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.05. – Ялта: ДНБ, 2000. – 17 с.
14. **Response of Leguminosae to cadmium exposure** / L. Leita, M. D. Nobili, C. Mondini, M. T. B. Garcia // J. Plant Nutr. – 1993. – Vol. 16. – P. 2001–2012.
15. **Mei B.** Assesment of Cr tolerance and accumulation in selected plant species / B. Mei, J. D. Puryear, R. J. Newton // Plant and Soil. – 2002. – Vol. 247, N 2. – P. 223–231.
16. **Wilkinson D. A.** The meashurment of tolerance to edaphic factors by means of root growth // New Phytol. – 1978. – Vol. 80, N 3. – P. 623–633.

Надійшла до редколегії 03.04.2007