

Заблоцька О.С., Опанащук Н.М., Федорчук А.М.

**ПОРІВНЯННЯ ФІТОТОКСИЧНОЇ ДІЇ ЙОНІВ КУПРУМУ,
ЦИНКУ Й НІКОЛУ НА ПРОРОСТКИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В
УМОВАХ ВОДНОЇ КУЛЬТУРИ**

Вирощування сільськогосподарських культур відбувається в умовах тотального техногенного забруднення ґрунтів важкими металами (ВМ). Ці метали надходять у ґрунт разом із промисловими, сільськогосподарськими і побутовими відходами та вносяться цілеспрямовано під сільськогосподарські культури у вигляді-

ді мікродобрив і пестицидів. Це безпосередньо стосується й пшениці озимої (*Triticum aestivum* Linn) – однієї з основних продовольчих культур України.

Відомо, що при концентраціях ВМ, нижчих за ГДК, мембрани рослинних клітин, зокрема й пшениці, пропускають у клітини лише необхідну кількість йонів цих елементів. Однак, при підвищених концентраціях ВМ у ґрунті цей захисний механізм руйнується: в рослини починає надходити їх надлишкова кількість. Внаслідок цього відбувається зростання фітотоксичного впливу, насамперед, на насіння і проростки рослин.

За статистичними даними ґрунти України найбільше потерпають від забруднення сполуками Купруму, Цинку, Кадмію, Кобальту, Ніколу і Плюмбуму [1, 2]. Проведені останнім часом дослідження ростових показників проростків пшениці озимої внаслідок дії на них ВМ, зокрема в умовах водної культури, дали можливість встановити і порівняти: фітотоксичність дії різних концентрацій Cu, Zn і Pb [3], Cu, Cr і Co [4], Cr, Cd, Mn і Zn [5]; летальні концентрації Pb [6].

Наразі не повною мірою висвітлена проблема порівняння фітотоксичності солей Cu^{2+} , Zn^{2+} і Ni^{2+} у проміжку молярних концентрацій від 0,5 до 50 ммоль/л для проростків пшениці озимої. Це й визначило мету нашого дослідження. В ході роботи передбачалося встановити і порівняти стійкість цієї сільськогосподарської культури до фітотоксичної дії зазначених йонів.

Як джерело Купруму, Цинку і Ніколу були використані розчини їх солей, які містять йони цих металів із ступенем окиснення +2: $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в молярних концентраціях від 0,5 до 50 ммоль/л. Вибір саме цих солей був зумовлений наявністю в них катіонів ВМ, які можуть засвоюватися рослинами і переважають в рухомих формах елементів природного ґрунтового середовища. Окрім того, ці солі містять однакові аніони, що забезпечує їх ідентичний вплив на результати експерименту.

Експеримент провели в лабораторних умовах. Семиденні проростки пшениці озимої для подальшого росту внесли в умови водної культури на заздалегідь приготовлені розчини ВМ. Контролем були рослини, вирощені на дистильованій воді. На 10 добу визначили показники інтенсивності росту проростків пшениці (довжину

зародкових корінців та зелених паростків), а також дослідили візуальні ознаки фітотоксичного ефекту. Обробку експериментальних даних здійснили методами математичної статистики. Стійкість рослин до надлишку ВМ визначили методом кореневого тесту [7]. Кореневий індекс (K_i) обчислили як відношення приросту зародкових корінців проростків пшениці дослідних варіантів (за впливу різних концентрацій ВМ) до приросту корінців контрольного варіанту. Подібно до цього обчислили «паростковий індекс».

1. *Фітотоксичний вплив йонів Купруму на ріст і розвиток проростків пшениці озимої* (таблиця 1).

Таблиця 1

Результати дослідження фітотоксичного впливу йонів Cu^{2+} на проростки пшениці

C_m (ммоль /л)	Показники росту зародкових корінців				Показники росту зародкових паростків			
	Довж., мм		Приріст, Δd , мм	K_i , порівняно з контролем	Довж., мм		Приріст, Δd , мм	K_i , порівняно з контролем
	до екс	після екс			до екс п.	після екс п.		
конт- роль	34	111	77	1,000	23	127	104	1,000
0,5	49	53	4	0,051	39	148	109	1,048
1,0	39	46	7	0,090	27	112	85	0,817
1,5	51	57	6	0,077	25	84	59	0,567
2,0	31	37	6	0,077	16	74	58	0,557
2,5	32	36	4	0,051	15	68	53	0,509
3,0	27	30	3	0,038	37	84	47	0,451
3,5	31	34	3	0,038	16	60	44	0,423
4,0	35	37	2	0,025	16	54	38	0,365
4,5	33	35	2	0,025	17	42	25	0,240
5,0	36	37	1	0,012	17	41	24	0,230
10,0	28	29	1	0,012	14	25	11	0,105
15,0	28	28	0	0	19	19	0	0
20,0	27	27	0	0	18	18	0	0
25,0	28	28	0	0	16	16	0	0

30,0	37	37	0	0	19	19	0	0
35	30	30	0	0	18	18	0	0
40	32	32	0	0	18	18	0	0
45	28	28	0	0	15	15	0	0
50	30	30	0	0	16	16	0	0
Середнє значення K_i ($K_{i\text{серед.}}$)				0,026	Середнє значення «паросткового індекса»			0,280

Дані експерименту, наведені в таблиці 1, дозволили виявити деякі закономірності фітотоксичної дії йонів Купруму на проростки пшениці озимої за різних молярних концентрацій:

а) приріст зелених паростків при C_M від 1,0 до 10,0 ммоль/л знаходиться в обернено пропорційній залежності від зростання концентрації, про що свідчать величини відповідних «паросткових індексів»;

б) при C_M від 15,0 до 50,0 відбувається повне гальмування росту зародкових корінців і паростків, що набувають блідого блакитно-зеленого кольору з коричневою плямою біля основи;

в) проростки залишаються живими при C_M від 0,5 до 50,0 ммоль/л, отже, ці концентрації не є летальними для пшениці озимої.

2. *Фітотоксичний вплив йонів Цинку на ріст і розвиток проростків пшениці озимої (таблиця 2).*

Таблиця 2

Результати дослідження фітотоксичного впливу йонів Zn^{2+} на проростки пшениці

C_M (ммоль/л)	Показники росту зародкових корінців				Показники росту зародкових паростків			
	Довж., мм		Приріст, Δd , мм	K_i , порівняно з контролем	Довж., мм		Приріст, Δd , мм	K_i , порівняно з контролем
	до експ.	після експ.			до експ.	після експ.		
контроль	34	111	77	1,000	23	127	104	1,000
0,5	38	82	44	0,571	31	132	101	0,971
1,0	41	73	32	0,416	28	182	154	1,480
1,5	44	71	27	0,351	30	176	146	1,403

2,0	35	56	21	0,273	22	160	138	1,326
2,5	27	40	13	0,169	22	156	134	1,288
3,0	38	51	13	0,169	25	144	119	1,250
3,5	34	44	10	0,130	28	158	130	1,153
4,0	33	41	8	0,104	25	144	119	1,144
4,5	38	41	3	0,039	28	148	120	1,144
5,0	35	37	2	0,025	25	123	98	0,942
10,0	26	28	2	0,025	20	110	90	0,865
15,0	25	27	2	0,025	26	105	79	0,759
20,0	18	20	2	0,025	23	80	57	0,695
25,0	29	31	2	0,025	25	82	57	0,695
30,0	23	25	2	0,025	18	84	66	0,634
35	20	22	2	0,025	19	64	45	0,432
40	18	20	2	0,025	15	54	39	0,375
45	15	16	1	0,012	16	47	31	0,298
50	16	17	1	0,012	18	49	31	0,298
Середнє значення K_i ($K_{i\text{серед.}}$)				0,128	Середнє значення «паросткового індекса»			0,903

Визначимо деякі закономірності реакції проростків пшениці озимої на дію йонів Zn^{2+} : а) найбільша стійкість проростків пшениці до дії йонів Zn^{2+} виявляється при C_m від 0,5 до 1,5 ммоль/л, що видно із величин K_i за цих концентрацій; б) при C_m йонів Zn^{2+} від 10,0 ммоль/л і більше коренева система проростків майже не галузиться, спостерігається викривлення і потемніння зародкових корінців, що свідчить про суттєвий фітотоксичний вплив йонів цього металу на пшеницю озиму в зазначених умовах.

3. *Фітотоксичний вплив йонів Ніколу на ріст і розвиток проростків пшениці озимої* (таблиця 3).

Таблиця 3

Результати дослідження фітотоксичного впливу йонів Ni^{2+} на проростки пшениці

C_m (ммоль/л)	Показники росту зародкових корінців			Показники росту зародкових паростків		
	Довж., мм		Приріст, Δd , мм	Довж., мм		Приріст, Δd , мм
	до екс	після		до екс	після	
			K_i , порівняно з конт-			K_i , порівняно з конт-

		екс		ролем		екс		ролем
конт- роль	34	111	77	1,000	23	127	104	1,000
0,5	34	39	5	0,064	27	111	84	0,807
1,0	60	63	3	0,038	29	90	61	0,586
1,5	49	51	2	0,025	31	109	78	0,461
2,0	53	55	2	0,025	29	74	45	0,432
2,5	50	52	2	0,025	28	62	34	0,326
3,0	19	21	2	0,025	25	50	25	0,240
3,5	48	49	1	0,012	37	62	25	0,240
4,0	48	49	1	0,012	29	53	24	0,230
4,5	50	51	1	0,012	30	53	23	0,221
5,0	47	48	1	0,012	34	57	23	0,221
10,0	41	42	1	0,012	39	57	18	0,173
15,0	27	28	1	0,012	15	28	13	0,125
20,0	26	27	1	0,012	15	26	11	0,105
25,0	25	25	0	0,000	19	30	11	0,105
30,0	27	27	0	0,000	16	27	11	0,105
35	25	25	0	0,000	16	26	10	0,096
40	23	23	0	0,000	19	27	8	0,076
45	27	27	0	0,000	17	25	8	0,076
50	25	25	0	0,000	15	20	5	0,048
Середнє значення K_i ($K_{i\text{серед.}}$)				0,015	Середнє значення «паросткового індекса»			0,246

Узагальнено ознаки реакції проростків пшениці озимої на дію йонів Ni^{2+} : а) при C_m від 25,0 до 50,0 ммоль/л відбувається повне гальмування росту зародкових корінців, бічні корінці не утворюються, виникає їх ламкість і потемніння; б) C_m йонів Ni^{2+} від 0,5 до 50,0 ммоль/л не є летальними для пшениці озимої.

4. *Порівняння стійкості проростків пшениці озимої до фітотоксичної дії йонів Купруму, Цинку й Ніколу на ріст зародкових корінців та паростків.*

Порівняння середніх значень K_i та «паросткового індексу» проростків пшениці озимої при C_m йонів ВМ від 0,5 до 50,0 ммоль/л (табл. 1–3) дозволяє вивести таку закономірність: фітотоксична дія досліджуваних йонів ВМ на проростки пшениці

озимої послідовно зростає у такому порядку: Zn^{2+} (K_i серед. = 0,128; «паростковий індекс» = 0,903) → Cu^{2+} (K_i серед. = 0,026; «паростковий індекс» = 0,280) → Ni^{2+} (K_i серед. = 0,015; «паростковий індекс» = 0,246). У такому ж порядку зменшується стійкість проростків пшениці до дії йонів цих ВМ.

ВИСНОВКИ

Пшениці озимій (*Triticum aestivum* Linn) властива видова специфічність щодо фітотоксичної дії йонів Cu^{2+} , Zn^{2+} і Ni^{2+} . Середні значення K_i та «паросткового індексу» проростків пшениці озимої засвідчують найбільший фітотоксичний вплив на цю сільськогосподарську культуру йонів Ni^{2+} і найменший – йонів Zn^{2+} . Концентрації йонів Cu^{2+} , Zn^{2+} і Ni^{2+} від 0,5 до 50 ммоль/л не є летальними для пшениці.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у визначенні молярних концентрацій йонів Zn^{2+} і Ni^{2+} , при яких повністю порушуються ростові процеси у проростків пшениці озимої.

Література

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf
2. Оцінювання процесів деградації земель та опустелювання: світовий та вітчизняний досвід / [Колмаз Ю. Т., Ракоїд О. О., Проценко Л. Д., Легка О. В.] // Агроекологічний журнал. – 2015. – № 1. – С. 8–21.
3. Mahmood Tariq Toxic effects of heavy metals on early growth and tolerance of cereal crops / Mahmood Tariq, Islam K.R., Muhammad S. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.researchgate.net/publication/233419659>
4. Gang A. Toxic effect of heavy metals on germination and seedling growth of wheat / Gang A., Vyas A. and Vyas H. // Journal of Environmental Research And Development. – 2013. – Vol. 8. – No 2. – P. 206–213.
5. Phytotoxic effects of Heavy metals (Cr, Cd, Mn and Zn) on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Seed Germination and Seedlings growth in Black Cotton Soil of Nanded / [Isak Rajjak Shaikh, Parveen Rajjak Shaikh, Rafique Ahmed Shaikh, Alamgir Abdulla Shaikh] // Research Journal of Chemical Sciences (India). – 2013. – Vol. 3(6). – P. 14–23.
6. Скопецька О. В. Еколого-фізіологічна оцінка свинцевого навантаження в системі “ґрунт–рослина” та прогнозування ступеня забруднення агроценозів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : спец. 03.00.16 – «Екологія» / О. В. Скопецька. – К., 2001. – 18 с.

7. Якість ґрунту. Визначання дії забрудників на флору ґрунту. Ч.1. Метод визначення гальмівної дії на ріст коренів: ДСТУ ISO 11269-1:2004 – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 9 с. – (Національний стандарт України).