

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ РОСЛИН
СПОЛУКАМИ ЦИНКУ І МАРГАНЦЮ У ЗНИЖЕННІ НАКОПИЧЕННЯ
РАДІОНУКЛІДІВ ТА ЗБІЛЬШЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ**

Позакореневе підживлення ярого ріпаку й жовтого люпину водними розчинами солей мікроелементів цинку та марганцю в кількостях 200 та 300 г/га зменшує накопичення у вегетативній масі та насінні ^{137}Cs в 1,5–2 рази, а ^{90}Sr – у 1,2–1,4 рази. Показано, що при застосуванні мікроелементів у формі комплексонатів їх радіоблокуюча ефективність суттєво підвищується.

Постановка проблеми

Раніше нами було встановлено, що в умовах Полісся, територія якого найбільше потерпіла від радіонуклідного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 р., на бідних практично на всі елементи живлення, в т. ч. й мікроелементи, дерново-підзолистих ґрунтах, внесення при посіві в ґрунт мікроелементів цинку, марганцю, кобальту та міді зменшує перехід ^{137}Cs і ^{90}Sr в рослини [5, 6]. Така радіоблокуюча дія мікроелементів пов'язується, з одного боку, з їх антагоністичними взаємодіями з цезієм і стронцієм як хімічними елементами, а з іншого – з їх синергістичними взаємодіями з макроелементами калієм, кальцієм і фосфором – антагоністами цезію та стронцію, відомими радіоблокаторами ^{137}Cs і ^{90}Sr [4]. Традиційний спосіб внесення добрив у ґрунт, звичайно, є

ефективним, оскільки переважно елементи мінерального живлення рослин надходять через корені. Проте в окремих випадках, особливо, якщо необхідно внести поживні речовини у невеликих кількостях у певний період розвитку рослин, застосовують внесення у розчиненому стані через надземні органи. Нами було показано, що позакореневе підживлення рослин мікроелементами, тобто безпосереднє їх нанесення на листову поверхню у вигляді водних розчинів, зменшує надходження в рослини ^{137}Cs не менше, ніж при внесенні в ґрунт, але при застосуванні солей у менших кількостях значно полегшується технологія їх внесення [3]. В літературі є дані про те, що внесення певних речовин, зокрема мікроелементів, є більш ефективним у вигляді комплексних сполук [8, 10]. З метою покращення ефективності солей було вирішено випробувати їх дію саме у складі комплексонатів.

Методика досліджень

Полевий дослід проводили на дерново-підзолистих супіщаних за гранулометричним складом ґрунтах Народницького району Житомирської області. Рівень радіонуклідного забруднення ґрунту за ^{137}Cs складав 580 Бк/кг і за ^{90}Sr – 6 Бк/кг. Забезпеченість ґрунту поживними речовинами низька: вміст рухомих форм фосфору в орному шарі склав 20 мг/кг, калію – 46 мг/кг, вміст легкогідролізованого азоту – 26,5 кг/га; вміст більшості мікроелементів у рухомих формах надзвичайно низький, зокрема цинку – 0,08, марганцю – 3,5 мг/кг (для порівняння – останніх в ґрунтах чорноземної зони, які за вмістом мікроелементів приймають за еталонні, – 1–1,5 і 60–80 мг/кг відповідно) [9]. Вміст гумусу в ґрунті складав 1,29 %, рН ґрунту – 5,8. Дослід проводили з двома районованими культурами – люпином жовтим сорту Обрій та ярим ріпаком сорту Марія.

Мікроелементи застосовували у вигляді водних розчинів їх сірчаноокислих солей, а також монокомплексонатів (хелатів) цих мікроелементів та їх спільного гетерокомплексонату на основі комплексону (хелатора) етилендіаміндіантарної кислоти (ЕДДЯ). Монокомплексонати мають склад $\text{K}_2\text{Zn}(\text{Mn})\text{edds}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а гетерокомплексонат – $\text{K}_4[\text{ZnMn}(\text{edds})_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}]\cdot \text{H}_2\text{O}$, вони містять по 8 % кожного або обох металів.

Сірчаноокислий цинк вносили з розрахунку 200 г металу на гектар, сірчаноокислий марганець – 300 г елемента на гектар, проводячи обприскування рослин 0,05 %-ми розчинами (варіанти – Zn і Mn). Концентровані розчини комплексонатів доводили також до 0,05 %-них розчинів й ними обприскували рослини у такій же кількості – 200 г/га цинку і 300 г/га марганцю (варіанти – комплексонат Zn, комплексонат Mn і комплексонат Zn + Mn). При виборі концентрацій мікроелементів керувалися даними літератури про їх ефективність саме за такого способу внесення [1, 2].

Результати досліджень та їх обговорення

Обидва мікроелементи виявили радіоблокуючу дію (табл. 1). Так цинк у формі розчину солі зменшував накопичення ^{137}Cs у вегетативній масі більш як у півтора рази (з люпином – в 1,6; з ріпаком – в 1,9), а у формі комплексонату – більш як удвічі (з люпином – у 2,1; з ріпаком – в 2,2 рази). Марганець й у вільному стані, й у формі комплексонату виявляв дещо менший ефект. А от в дії гетерокомплексонату цинку і марганцю проявився чіткий адитивний ефект – коефіцієнт накопичення (K_H) ^{137}Cs зменшився у люпині в 2,6 рази й у ріпаку – в 2,8.

Таблиця 1. Вплив позакореневого підживлення рослин люпину та ріпаку мікроелементами на накопичення ^{137}Cs та ^{90}Sr у вегетативній масі

Варіант	^{137}Cs				^{90}Sr			
	люпин		ріпак		люпин		ріпак	
	Бк/кг	K_H	Бк/кг	K_H	Бк/кг	K_H	Бк/кг	K_H
Контроль	671±56	1,16	296±29	0,51	26±4	4,33	22±4	3,67
Zn	417±35	0,72	155±17	0,27	22±4	3,67	20±4	3,33
Mn	463±39	0,80	144±19	0,25	24±4	4,00	20±4	3,33
Комплексонат Zn	327±56	0,56	134±18	0,23	22±4	3,67	16±2	3,67
Комплексонат Mn	409±57	0,71	184±21	0,32	22±4	3,67	20±4	3,33
Комплексонат Zn + Mn	260±35	0,45	107±17	0,18	19±3	3,17	14±2	2,33

Результати дії мікроелементів на накопичення в рослинах ^{90}Sr вразили, перш за все, дуже високими коефіцієнтами накопичення радіонукліда, що раніше не спостерігалось. Хоча обидві культури відомі як кальцефіли [Гу, Ві]. Можливо, це пов'язано з погодно-кліматичними особливостями року (високі температури на тлі великої кількості атмосферних опадів). Показники сягали 4,33 у дослідях з люпином і 3,67 – з ріпаком. Вплив мікроелементів на накопичення ^{90}Sr у вегетативній масі проявлявся значно меншою мірою. Найбільш результативні дані, як і у дослідях з ^{137}Cs , виявились у варіанті з гетерокомплексонатом – накопичення радіонукліда у вегетативній масі люпину зменшувалось на 37 %, ріпаку – на 58 %. В решті варіантів результати були статистично недостовірні, хоча можна говорити про деякі тенденції зниження вмісту ^{90}Sr практично в усіх випадках.

Дані з впливу мікроелементів на урожай наведено у таблиці 2. Вони свідчать про помітне збільшення продуктивності обох культур під впливом мікроелементів, особливо на варіантах з використанням комплексонатів. Так урожай ріпаку під впливом чистих солей мікроелементів підвищувався на 13–16 %. Під впливом їх комплексонатів – на 10–21 %, а при дії гетерокомплексонату цинку і марганцю – на 29 %. І у цьому немає нічого дивного – ефективність цих мікроелементів, особливо на дерново-підзолистих ґрунтах, добре відома [1].

Ефективність сполук цинку та марганцю проявилась і в дослідях з люпином. В даному випадку, як і в попередніх, ефективність комплексонатів виявилась більшою, ніж розчину солей.

Обидві культури є кормовими, а ріпак вважається й технічною культурою. Тому був проведений аналіз вегетативної маси та насіння рослин на вміст деяких поживних речовин, зокрема протеїну, жирів, клітковини, цукрів (табл. 3–5).

Таблиця 2. Вплив позакореневого підживлення рослин люпину та ріпаку мікроелементами на урожай насіння, ц/га

Варіант	Ріпак		Люпин	
	ц/га	%	ц/га	%
Контроль	11,2±0,7	100	5,7±0,3	100
Zn	13,0±0,6	116	6,0±0,3	105
Mn	12,7±0,5	113	5,6±0,4	98
Комплексоанат Zn	13,5±0,8	121	6,3±0,4	111
Комплексоанат Mn	12,3±0,7	110	6,1±0,3	107
Комплексоанат Zn+Mn	14,5±0,8	129	7,4±0,4	130

Таблиця 3. Вплив позакореневого внесення мікроелементів на якість вегетативної маси люпину, г/кг

Варіант	Суша речовина	Протеїн	Жири	Клітковина	Цукри
Контроль	207±10	35,3±2,1	3,9±0,3	56,4±2,2	14,6±1,0
Zn	217±12	40,0±2,3	4,4±0,3	57,2±2,5	15,0±1,2
Mn	210±12	38,7±2,0	4,0±0,2	53,0±3,4	13,9±1,1
Комплексоанат Zn	222±13	44,6±2,5	4,7±0,3	62,7±2,4	15,1±1,2
Комплексоанат Mn	220±12	42,1±2,8	4,1±0,3	57,8±2,5	13,2±1,3
Комплексоанат Zn + Mn	235±14	48,8±3,1	4,7±0,3	64,3±3,0	15,3±1,2

Таблиця 4. Вплив позакореневого підживлення ярого ріпаку сполуками Zn і Mn на якість вегетативної маси, г/кг

Варіант	Суша речовина	Протеїн	Жири	Клітковина	Цукри
Контроль	107±7	18,4±1,2	6,3±0,5	25,4±1,8	16,3±0,7
Zn	114±7	20,4±1,4	6,6±0,4	25,8±2,0	17,2±0,6
Mn	119±8	19,7±1,7	6,2±0,4	25,7±1,7	16,5±0,7
Комплексоанат Zn	118±7	21,7±1,3	6,8±0,5	27,9±2,1	18,0±1,0
Комплексоанат Mn	121±7	20,0±1,4	6,6±0,4	25,7±2,2	16,9±1,1
Комплексоанат Zn + Mn	128±8	22,6±1,5	6,8±0,5	28,6±1,7	17,2±1,0

Таблиця 5. Вплив позакореневого підживлення ярого ріпаку сполуками Zn і Mn на якість насіння, г/кг

Варіант	Суша речовина	Протеїн	Жири	Клітковина	Цукри
Контроль	808±33	169±15	330±27	109±6	35,4±2,4
Zn	842±26	182±12	335±22	121±8	33,7±1,9
Mn	820±30	179±10	374±16	95±7	37,6±2,0
Комплексонат Zn	840±39	175±9	342±10	129±9	38,8±1,7
Комплексонат Mn	851±30	178±9	390±12	122±8	37,0±1,9
Комплексонат Zn + Mn	870±52	190±10	376±10	128±7	40,2±2,1

Наведені дані свідчать про те, що під впливом сполук цинку і марганцю збільшується суша речовина, активізується накопичення протеїну, накопичення жирів. Останній показник є особливо важливим для оцінки якості насіння ріпаку. При цьому ефективність мікроелементів у складі комплексонатів, як правило, була вищою, ніж при застосуванні у вигляді водних розчинів.

Важко впевнено стверджувати про позитивний вплив мікроелементів на накопичення вуглеводів – клітковини та цукру. Але в усіх випадках спостерігалась тенденція до збільшення їх кількості при застосуванні мікроелементів у складі комплексонатів. А якщо говорити про гетерокомплексонат цинку і марганцю, то в багатьох випадках спостерігалось цілком достовірне зростання їх кількості, порівняно з контролем. Зрештою, в літературі є багато даних, які свідчать про покращення якості продукції рослинництва під впливом мікроелементів [1, 7]. Враховуючи багатогранну роль більшості мікроелементів у регуляторній діяльності живих організмів, зокрема цинку і марганцю, це також не повинно викликати здивування.

Висновки

Використання солей цинку і марганцю як блокаторів надходження радіонуклідів в рослини у вигляді комплексонатів, як правило, було більш ефективним, ніж у водних розчинах тих же концентрацій практично за усіма показниками – гальмуванні накопичення радіонуклідів, збільшення продуктивності, покращення якості продукції. Цілком імовірно, що це пов'язане із кращою проникністю мікроелементів у рослини у складі комплексонатів, підвищеною рухомістю транспортними ланцюжками та більшою доступністю до молекулярних структур хімічних речовин клітини.

Література

1. *Власюк П.А.* Биологические элементы в жизнедеятельности растений / *П.А. Власюк.* – К.: Наук. думка, 1969. – 516 с.
2. *Гродзинский А.М.* Справочник по физиологии растений / *А.М. Гродзинский, Д.М. Гродзинский.* – К.: Наук. думка, 1973. – 503 с.

3. Груша В.В. Вплив позакореневого підживлення рослин мікроелементами на накопичення ^{137}Cs / В.В. Груша, І.М. Гудков // Наук. вісник НАУ. – 2003. – Вип. 63. – С. 263–267.
4. Гудков І.М. Сільськогосподарська радіобіологія / І.М. Гудков, М.М. Вінничук. – Житомир: ДАУ, 2003. – 472 с.
5. Зменшення надходження ^{137}Cs і ^{90}Sr в сільськогосподарські рослини під впливом мікроелементів / І.М. Гудков, С.М. Грисюк, В.О. Кицно [та ін.] // Наук. вісн. НАУ. – 1998. – Вип. 10. – С. 264–269.
6. Противолучевая защита растений с помощью солей металлов в условиях радиоактивного загрязнения территории / И.Н. Гудков, В.Е. Кицно, С.Н. Грисюк [та ін.] // Радиационная биология. Радиозкология. – 1999. – Т. 39, № 2–3. – С. 349–353.
7. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А.Кабата-Пендиас, А. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
8. Островская Л.К. Комплексоны и их значение для питания растений металлами-микроэлементами / Л.К. Островская // Физиология и биохимия культ. растений. – 1986. – Т. 18, № 6. – С. 591–603.
9. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. – Харків: УААН, 2003. – 117 с.
10. Hevitt E.J. A perspective of mineral nutrition: essential and functional metals in plants / E.J. Hevitt // Metals and micronutrients: uptake and utilization by plants. – N.Y.: Academ. Press, 1999. – P. 277–323.