

52-64%), $\Delta t^0-2,3$ $^0-2,6$ ^0C) і чередуванням достатку вологи з дефіцитом атмосферних опадів, що в багатьох випадках викликало різке пониження відносної вологості повітря і як результат “запал” зерна.

Таким чином, гідротермічні умови вегетаційного циклу озимої пшениці в цілому характеризуються задовільними і сприятливими з частотою прояву 72%, вирощування ярого ячменю в значній мірі зустрічається з несприятливими умовами (46%). Найбільш сприятливими умовами для озимої пшениці являються період росту пагонів і формування генеративних органів, а ярого ячменю передпосівний період і посів-кущіння.

Література

1. Дмитренко В.П. Метод расчета урожайности озимой пшеницы на территории УССР // Тр.УкрНИГМИ,-1975.-вып.139.
2. Дмитренко В.П. О методике гидрометеорологических условий формирования урожая сельскохозяйственных культур // Тр.УкрНИГМИ,-1973.-вып.128
3. Коваленко А.І., Марченко О.В. та ін. Оцінка відповідності гідрометеорологічних умов для вирощування озимої пшениці // Вісник Сумського ДАУ.-1999.-вип.3.-С.68-71.

УДК 631.81:631.6:631.4 (833)

ВАЖКІ МЕТАЛИ В ТРИВАЛО ЗРОШУВАНОМУ ТЕМНО-КАШТАНОВОМУ ҐРУНТІ ТА РОСЛИНАХ

**В.В.ГАМАЮНОВА – д.с.-г.н., професор,
О.В.ПІДРУЧНА,
Г.М.КУЦ, наукові співробітники, Інститут землеробства південного регіону УААН**

Відомо, що основи теорії живлення рослин закладені працями багатьох відомих вчених ще у XIX столітті. Роль же важких металів в житті рослин встановлена в XX столітті, практично тоді, коли врожай с.-г. культур з допомогою застосування добрив та інших прийомів інтенсифікації с.-г. виробництва досягли найвищого рівня. Подальшого росту врожаїв уже не відбувалося, не дивлячись на створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин. Рядом проведених досліджень була виявлена нестача в ґрунтах мікроелементів, які і лімітували подальше підвищення рівнів урожаїв.

І дійсно, в умовах інтенсивної хімізації, яка була властивою землеробству, з ростом рівнів урожаю зростає і відчуження не

тільки основних елементів живлення (азоту, фосфору, калію), а й мікроелементів або важких металів. В зв'язку з цим дефіцит найважливіших біогенних елементів в ґрунтах може зростати і особливо в зрошуваних, де врожаї вирощуваних культур, як правило, в 2,5-3 рази вищі від рівнів незрошуваних. Тобто і відчуження усіх поживних речовин за цих умов суттєво збільшується.

Разом з тим в результаті господарської діяльності людини може проявлятися і забруднення оточуючого середовища різними хімічними засобами інтенсифікації сільськогосподарського виробництва (рештками відходів промисловості, тваринницьких ферм, комплексів, крупних міст тощо). В зв'язку з цим в спеціальній науковій та сільськогосподарській літературі з'явився термін "важкі метали", який одразу ж набув негативного значення. З цим терміном пов'язують уявлення про щось токсичне, шкідливе і небезпечне для живих організмів. Таке уявлення є невірним, бо до цієї групи відносяться мідь, цинк, залізо, молібден, марганець, кобальт та ін., тобто мікроелементи, які мають позитивне біологічне значення. При їх нестачі уповільнюється синтез білків, проходження інших важливих біохімічних процесів. Тобто мікроелементи і важкі метали - це поняття, які відносяться до одних і тих же елементів, але в залежності від концентрацій, в яких вони містяться в ґрунті та необхідні живим організмам, використовуються в різних значеннях.

При застосуванні інтенсивних технологій потреба в мікроелементах зростає, тому що при внесенні високих доз азотних, фосфорних і калійних добрив порушується рівновага іонів в сторону, несприятливу для засвоєння мікроелементів. А роль останніх в регулюванні основних процесів метаболізму в рослинах дуже велика. Мікроелементи приймають активну участь в ферментативних процесах, які проходять в організмі, впливають на асиміляцію нітратів та утворення білків, вуглеводів, жирів, вітамінів, підвищують стійкість рослин до несприятливих умов: холоду, посухи, токсичних речовин, посилюють їх імунну систему, стійкість до ураження хворобами, шкідниками, сприяють більш економічному витраченню елементів живлення для формування врожаю. Так, А.І.Аристархова (1985) відзначає, що при застосуванні мікроелементу, який знаходиться в мінімумі, підвищується віддача від основних макродобрив на 10-15 % і більше.

Ґрунти зони зрошення, як правило, недостатньо забезпечені мікроелементами і особливо рухомими їх формами, тобто потребують їх внесення. Разом з тим неправильно, без урахування вмісту в ґрунті, застосування засобів хімізації може призводити до забруднення оточуючого середовища. Вірогідними і небезпечними забруднювачами довкілля є відходи і викиди промисловості і тран-

спорту таких металів, як ртуть, кадмій і свинець. Аномальне відхилення вмісту будь-якого з мікроелементів в ґрунті може негативно позначитися на екологічній ситуації (Плішко А.А., Майстренко М.І., 1985).

Завдання вчених полягає у вивченні ситуації та умінні протидіяти негативному розвитку процесу забруднення довкілля важкими металами. Для цього необхідно знати їх потенціальну небезпеку, закономірності поведінки в системі ґрунт - рослина, характер та інтенсивність включення в різні сполуки тощо.

Ми вивчали, як змінюється вміст важких металів в темно-каштановому ґрунті при тривалому систематичному застосуванні добрив і зрошення. Дослідження проводили в дослідному господарстві Інституту зрошувального землеробства УААН, яке розташоване в зоні Інгулецької зрошувальної системи. В орному шарі ґрунту містилося гумусу 2,0-2,26 %, валових: азоту – 0,116-0,118; фосфору – 0,13-0,16; калію – 2,2-2,7 %, рН водної витяжки 7,0-7,2.

У складі зрошувальної води Інгулецького каналу переважно містяться NaCl , MgCl_2 , Na_2SO_4 , періодично з'являється сода в кількості 0,24-0,40 мг.екв/л. Мінералізація становить 0,6-1,6 г/л, вміст натрію від суми катіонів 27-76 %, а хлору від суми аніонів – 21-76 %. Тобто за відповідними ДОСТАми зрошувальна вода відноситься до класу обмежено придатних. Вміст важких металів в зрошувальній воді був у межах норми. Самими високими виявилися концентрації заліза і марганця. Їх вміст у весняний період становив 120,0 і 70,2 мг/л.

Як показали наші дослідження, тривале зрошення сприяло зменшенню вмісту рухомих важких металів в ґрунті (табл. 1). Так, за 20-річний період в середньому щорічно кількість нікелю знижується на 0,15, кобальту – на 0,19, марганцю – на 12,1, свинцю – на 0,15, міді – на 0,03, хрому – на 0,07 мг/кг або відповідно на 1,4; 2,9; 2,4; 1,4; 0,8 та 1,1 %. З усіх елементів, які визначали, за цей період збільшився лише вміст заліза з 290 до 395 мг/кг або на 5,2 мг/кг щорічно, що, мабуть, пов'язано з наявністю значної кількості цього елемента в поливній воді.

При систематичному внесенні мінеральних добрив в оптимальній дозі під кожен культуру сівозміни (за ротацію $\text{N}_{660}\text{P}_{460}\text{K}_{60}$) вміст важких металів в порівнянні з неудобрюваним зрошуваним аналогом практично не змінився. Хоч на систематично удобрюваному фоні рівень врожаїв був значно вищим, проте є дані про те, що з мінеральними добривами в ґрунт потрапляють і мікроелементи.

Таблиця 1 – Вплив добрив і зрошення на вміст деяких важких металів в орному шарі темно-каштанового ґрунту, мг/кг (зразки ґрунту відібрані для аналізу після закінчення 3-х ротацій 7-пільної сівозміни¹)

Елемент	Без зрошення, без добрив	На фоні зрошення	
		без добрив	NPK в оптимальній дозі під кожен культуру сіво- зміни
Нікель	11,0	8,0	7,6
Кобальт	6,7	2,8	3,1
Залізо	290	395	365
Марганець	500	258	250
Свинець	11,0	8,0	8,0
Мідь	3,8	3,2	2,9
Хром	6,5	5,0	2,5

Так, Л.М.Державін з співавторами (1982) повідомляють, що в фосфорних добривах в середньому міститься кадмію 12,9, свинцю – 34,8, нікелю – 22,5, бору – до 1000, марганцю – 2848, міді – 1000, цинку – 3000, молібдену – 35, кобальту – 54 мг/кг. Азотні, як відзначають Г.А.Селевцова, Ю.А.Потатуєва (1981), містять міді – до 30, цинку – 50, бору – до 24, кобальту – 5, молібдену – 1 мг/кг і т.д., певна кількість мікроелементів поступає і з калійними добривами. Тобто, винос мікроелементів рослинами частково компенсується за рахунок важких металів, які надходять у ґрунт з добривами та поливною водою.

Вивчення ролі окремих елементів живлення по впливу на змінення вмісту важких металів в ґрунті при тривалому застосуванні добрив і зрошення показало, що при односторонньому внесенні тільки азоту кількість їх залишається практично такою ж, як і на фоні повного мінерального добрива (табл. 2). При систематичному внесенні тільки фосфорних добрив вміст в ґрунті практично всіх важких металів, які визначали, в порівнянні з застосуванням повного мінерального добрива, підвищився. В порівнянні з тривало недобрюваним ґрунтом, внесення мінеральних добрив в найбільшій мірі впливає на зміни вмісту цинку та фтору, а саме: кількість цинку за 23-річний період досліджень при застосуванні NPK зменшилася на 32,4 %, а водорозчинного фтору - збільшилася вдвічі. На вміст останнього в значній мірі впливають фосфорні добрива.

¹ Чергування культур в сівозміні: люцерна 3-х річного користування; озима пшениця; кукурудза на силос; озима пшениця; кукурудза на зерно.

Таблиця 2 – Вміст важких металів в орному шарі ґрунту в залежності від тривалого внесення окремих елементів живлення, мг/кг (зразки ґрунту відібрані у 1990 році)¹

Вносять в оптимальній дозі під кожену культуру сівозміни *)	Вміст, мг/кг								
	Цинку	Нікелю	Кобальту	Заліза	Марганцю	Свинцю	Міді	Хрому	Фтору
Без добрив	3,7	9,5	2,5	345	242	7,0	2,9	4,0	5,1
P	3,4	9,5	3,0	400	250	6,0	3,0	4,0	11,4
N	2,7	8,5	2,5	370	238	7,0	2,7	3,0	9,5
НРК	2,5	8,0	2,5	370	342	7,0	2,6	3,0	10,0

Дещо меншим виявився вміст рухомого цинку і при органічній системі удобрення культур в сівозміні – на 9,7 % в порівнянні з застосуванням мінеральних добрив (табл. 3).

Таблиця 3 – Вплив системи удобрення в сівозміні на вміст рухомих форм важких металів в орному шарі темно-каштанового ґрунту, мг/кг (середнє за 1994-1996 рр.)

Система удобрення в сівозміні	Вміст, мг/кг			
	Цинк	мідь	свинець	кадмій
Мінеральна	1,70	1,08	2,68	0,15
Органічна	1,55	1,67	2,06	0,17
ГДК	23,0	3,0	20,0	0,50

За органічної системи удобрення вміст рухомого свинцю зменшився на 23,1 %, що пов'язано із впливом гумусу на зниження рухомості цього елемента, а вміст кадмію був дещо більшим в порівнянні з мінеральною системою удобрення культур в сівозміні. Це, мабуть, пов'язано з тим, що кадмій і цинк є антагоністами. Значно більше за органічної системи удобрення в ґрунті містилося рухомої міді - в середньому за роки досліджень кількість її підвищилася на 54,6 %. Відомо, що цей мікроелемент надходить у ґрунт переважно з органічними добривами. Слід зазначити, що жоден з наведених показників не тільки не перевищував гранично допустимої концентрації важких металів, а і не наближався до неї.

¹ Дослід стаціонарний, проводиться з 1968 року, сівозміна 7-пільна:цукровий буряк, озима пшениця, кукурудза на зерно, люцерна 3-річного користування, озима пшениця.

Разом з тим вміст кадмію в зерні ярої твердої пшениці в середньому за два роки досліджень перевищував рівень гранично допустимої концентрації в 6,0-6,8 разів, якщо ж ГДК прийняти за 0,1 мг/кг, як це було раніше і наведено в багатьох довідниках, то цього металу буде більше від рівня ГДК в 1,8-2,6 разів. Незначне перевищення (в 1,3 рази) спостерігали і по вмісту нікелю в зерні (табл. 4).

Таблиця 4 – Вплив добрив на вміст важких металів в зерні ярої твердої пшениці (середнє за 1997-1998 рр.)

Варіант	Вміст, мг/кг сухої речовини						
	Zn	Cd	Ni	Co	Fe	Mn	Cu
Без добрив	41	0,25	0,67	0,47	21,4	4,6	3,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	43	0,26	0,52	0,42	21,2	4,6	3,9
N ₆₀ K ₃₀	40	0,18	0,50	0,37	20,0	4,4	4,1
P ₆₀ K ₃₀	43	0,25	0,65	0,47	21,4	4,5	3,9
N ₆₀ P ₃₀	42	0,23	0,50	0,42	20,0	4,4	3,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	43	0,25	0,55	0,42	20,0	4,8	3,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀	41	0,24	0,57	0,42	21,4	4,6	3,8
Розрахункова доза добрива	41	0,18	0,50	0,38	20,0	4,6	3,9
ГДК ¹	50	0,03	0,50	1,0	50,0	44,0	10,0

Слід відзначити, що дещо більшому накопиченню важких металів в зерні ярої твердої пшениці сприяли фосфорні добрива. Азотні добрива послаблювали поглинання рослинами шкідливих речовин в порівнянні з неудобренним та варіантами з застосуванням фосфорних добрив.

Проте надлишкова кількість деяких важких металів в продукції рослинництва не дає повної об'єктивної інформації про її токсичність. Більш правильно, як вважають В.Г.Минеев, Е.Х.Ремпе (1995), визначати сумарну токсичність продукції методом тестування. Метод простий, дешевий і швидкий, базується він на проростанні насіння редису в витяжці досліджуваного об'єкту. Цей метод в повній мірі характеризує токсичність, бо остання пов'язана не тільки із залишковими кількостями препаратів, а і метаболітами.

Наші дослідження показали, що в середньому за два роки, зерно ярої твердої пшениці, незважаючи на перевищення в ньому ГДК деяких важких металів, не було токсичним - сумарна токсичність не була більшою 20 % (табл. 5).

¹ ГДК наведено згідно САНПІН 42-123-4089 для зернових культур в мг/кг сухої речовини (К., 1999. ВНД 33-5.5.-06-99).

Таблиця 5 - Сумарна токсичність зерна ярої твердої пшениці в залежності від добрив (середнє за 1997-1998 рр.), %

Варіант	Роки досліджень		Середнє
	1997	1998	
Без добрив	17,9 ± 1,5	16,2 ± 0,7	17,1
N ₆₀ P ₆₀ K ₃₀	18,2 ± 1,3	17,2 ± 0,5	17,7
N ₆₀ K ₃₀	15,7 ± 0,7	13,7 ± 0,4	14,7
P ₆₀ K ₃₀	18,8 ± 1,1	17,1 ± 0,9	18,0
N ₆₀ P ₆₀	16,9 ± 0,8	14,9 ± 0,3	15,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₃₀	16,7 ± 0,4	15,1 ± 0,5	15,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₃₀	17,4 ± 0,7	15,8 ± 0,8	16,6
Розрахункова доза добрива	16,1 ± 1,0	14,1 ± 0,4	15,1

В плодах томатів, враховуючи вміст важких металів в перерахунку на сиру речовину, лише вміст кадмію перевищував гранично допустиму концентрацію - в середньому в 1,5-2,0 рази (табл. 6), а кількість інших мікроелементів та важких металів була значно меншою від ГДК.

Добрива і система обробітку ґрунту в ланці сівозміни суттєво не впливали на вміст важких металів в плодах томатів. Все ж слід зазначити, що при заробці в ґрунт органічних добрив кількість цинку в них збільшувалась, а нікелю і кобальту, навпаки, зменшувалась. Вміст же цинку, кадмію, нікелю, свинцю, кобальту і хрому дещо більшим був при полицевому обробітку ґрунту в порівнянні з безполицевим та комбінованим.

Таким чином, вміст важких металів в ґрунті при тривалому його зрошенні поступово зменшується. Систематичне внесення мінеральних добрив під кожен культуру сівозміни практично не впливало на їх кількість в порівнянні з неудобрюваним фоном. Виняток складають водорозчинний фтор, вміст якого за 20-річний період в орному шарі ґрунту збільшився вдвічі, та цинк, кількість якого, навпаки, зменшилася на 32,4 %. Найбільш істотно на вміст важких металів в ґрунті впливають фосфорні та органічні добрива.

Кількість важких металів в ґрунті не була вищою за гранично допустиму, проте в зерні ярої твердої пшениці вміст кадмію, в деяких варіантах нікелю перевищував ГДК, а в плодах томатів – по кадмію. Однак цей факт не свідчить про шкідливість такої продукції, бо необхідно враховувати, як всі препарати ведуть себе сумарно. Це свідчить, що незважаючи на вміст у вирощеній продукції деяких важких металів більше ГДК, вона може бути не токсичною.

Таблиця 6 – Вміст важких металів в плодах томатів залежно від внесення добрив та обробітку ґрунту у ланці сівозміни (середнє за 1995-1996 рр.)

№ п/п	Варіант			Вміст, мг/кг сухої речовини								
	Фактор			Zn	Cd	Ni	Co	Fe	Mn	Pb	Cu	Cr
	А основний обробіток ґрунту	В заорювання соломом озимомі пше-ницці	С зоробка з/м сидерату									
1	Полицевий	-	-	-	1,15	4,9	11,1	33,0	4,2	5,0	5,2	2,73
2		-	+	17,7	0,99	4,5	10,1	30,0	2,9	4,3	5,7	2,14
3		+	-	20,2	0,95	4,4	8,3	34,6	2,7	4,4	4,9	1,92
4		+	+	18,2	1,04	4,4	9,4	33,1	2,9	4,5	5,8	2,49
25	Комбінований	-	-	16,6	0,92	4,0	9,2	32,9	3,2	4,1	5,3	1,72
26		-	+	17,3	0,90	4,2	8,8	27,1	2,3	4,1	5,1	1,74
27		+	-	21,8	0,91	3,8	10,2	32,6	4,5	4,3	6,2	2,02
28		+	+	18,5	0,87	3,1	7,5	37,9	6,0	3,6	6,3	1,61
29	Безполицевий	-	-	15,8	0,85	3,6	7,7	32,3	3,2	4,0	5,3	1,80
30		-	+	16,8	0,86	3,5	8,2	33,6	2,5	4,4	6,1	2,28
31		+	-	18,8	1,07	3,6	8,2	42,4	3,4	4,6	6,4	1,98
32		+	+	17,5	0,89	3,6	7,7	30,4	3,0	3,3	4,6	1,81
ГДК ¹				10	0,03	0,5	1,0	50	20	0,5	5,0	0,2

Література:

1. Плішко А.А., Майстренко М.І. Охорона сільськогосподарських угідь від забруднення. – К.: Урожай, 1985. – 160 с.
2. Державин Л.М., Седова Е.В., Хлыстова А.Ф. Применение минеральных удобрений и окружающая среда // Агрoхимия. – 1982. -№ 1. – С. 121-131.
3. Селевцова Г.А., Потатуева Ю.А. Агрoхимическое значение микроэлементов в минеральных удобрениях и известковых материалах // Агрoхимия. – 1981. - № 9. – С. 132-137.
4. Минеев В.Г., Ремпе Е.Х. Эколого-биологическая оценка применения средств химизации на разных типах почв // Почвоведение. – 1995. – № 8. – С. 1011-1021.

¹ ГДК важких металів наведені для овочевих культур згідно САН ПНН 42-123-4089 в мг/кг сиромі речовини (К., 1999. ВНД 33-5.5-06.99)