

УДК 633.11.631.811.94:
816.1-3
© 2019

ЕФЕКТИВНІСТЬ ФОРМ І СТРОКІВ ВНЕСЕННЯ ЦИНКУ НА ПОСІВАХ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

А.І. Кривенко¹, С.І. Бурикiна²

кандидати сільськогосподарських наук

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН
вул. Маяцька дорога, 24, смт Хлібодарське Біляївського р-ну Одеської обл., 67667, Україна
e-mail: ¹kryvenko35@ukr.net, ²burykina@ukr.net

Надійшла 14.08.2018

Мета. Вивчити вплив форм, способів внесення цинку на формування врожаю та якості зерна пшениці озимої м'якої. **Методи.** Польові, лабораторні, статистичні. Супутні спостереження та аналізування виконано загальноприйнятими методами відповідно до стандартних методик. Статистичну обробку отриманих результатів виконано з використанням пакета прикладних програм Excel і Statistika, методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів. **Результати.** За внесення $N_{90}P_{60}K_{40}$, у складі якого суперфосфат модифіковано комплексономом цинку на основі оксіетилендифосфонової кислоти (ОЕДФ) приріст урожаю становив 20,2% проти варіанта без добрив, зокрема 6,4% за рахунок цинку. Доцільно вносити мікроелемент цинк у вигляді його комплексономату з ОЕДФ, приріст урожаю порівняно з сульфатом цинку — 0,16 т/га, а загальна частка впливу цього чинника — 14%. Унесення комплексономату цинку під передпосівну культивуацію в дозі 2 кг/га не мало переваги перед одноразовим обробітком рослин у фазі кушіння дозою 250 г/га, але перенесення цього заходу на фазу стеблуння забезпечило істотний приріст урожаю (0,2 т/га при $HCP_{0,95} = 0,18$). **Висновки.** Позакореневе підживлення розчином комплексономату цинку (250 г/га) підвищує урожайність зерна пшениці озимої з найбільшим ефектом від 2-разового обробітку у фазі кушіння та стеблуння; приріст становить 0,20–0,54 т/га. Ефективність використання Zn в посушливих умовах Півдня України на 75,7–96% визначається гідротермічними умовами весняної вегетації, але при цьому мікроелемент сприяє розвитку стійкості рослин пшениці озимої до температурного стресу. Концентрація цинку в зерні дослідних варіантів коливалася в межах 18,4–22,1 мг/кг (на контролі — 14,5 мг/кг).

Ключові слова: цинк, пшениця озима, фази вегетації, якість, чорнозем південний.

<https://doi.org/10.31073/agroviznyk201902-03>

Для вдосконалення технологій вирощування пшениці озимої актуальним є поліпшення мікроелементного живлення рослин. Це особливо важливо, якщо доза внесення мінеральних добрив вища, ніж зонально прийнята. Чорноземи загалом, та зокрема чорноземи південні, мають нейтральну чи

слаболужну реакцію, за якої більшість мікроелементів малорухомі і тому практично недоступні рослинам.

На ефективність застосування мікроелементів насамперед впливає їхня форма. Дослідами останніх років встановлено, що найефективнішою формою транспортування

мікроелементів до рослин є комплексні сполуки металів з органічними лігандами — хелати [1, 2]. Найпоширенішими хелаторами є органічні кислоти з карбоксильними групами: етилендіамінтетраоцтова (ЕДТА), діетилентриамінпентаоцтова (ДТПА), дигідроксибутилендіамінтетраоцтова (ДБТА), етилендіаміндибурштинова (ЕДДБ); фосфонові кислоти — оксіетилендендифосфонова (ОЕДФ) та нітрилтриметиленфосфонова (НТФ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині відомо, що більша частина ґрунтів Степу характеризується дуже низьким (0,2–0,3 мг/кг) умістом рухомого цинку [3]. Водночас цинк, який є компонентом 800 ферментів, впливає на білковий, вуглеводний і фосфорний обміни рослин. Він входить до складу ферментів: протеази, амінопептидази, карбоксипептидази, деїдрогенази, ізомерази, альдолази, РНК- та ДНК-полімерази.

Численні дослідження, проведені в ґрунтово-кліматичних зонах різних країн, свідчать про негативний вплив дефіциту цинку на процеси росту й урожай рослин та про пріоритетність використання комплексонатів цинку або добрив, модифікованих ними [1–10]. Проте щодо термінів унесення, то думки авторів неоднозначні.

Так, на дерново-підзолистих середньо-окультурених ґрунтах комплексне використання (NPK+Zn) на посівах пшениці ярої забезпечило порівняно з фоном NPK приріст урожайності від цинку 0,59–0,75 т/га, причому комплексонат цинку на основі ЕДТА дав більші прирости за сульфату цинку. Найбільший ефект від обох форм цинку отримано за їх унесення в ґрунт у дозі 3–5 кг/га, різниця між приростами становила 0,35 т/га — по комплексонату цинку і 0,28 т/га — сульфату цинку [5].

У дослідях М.М. Богдана на чорноземах типових і сірих лісових ґрунтах Лісостепової зони України найефективнішим було 2-разове підживлення пшениці озимої у фазі початок виходу в трубку і колосіння комплексними добривами, до складу яких входив і цинк: зростання урожайності коливалося за роками досліджень від 10,9 до 25% за збільшення концентрації білка в зерні від 0,9 до 1,13% [11]. Цієї самої думки

дотримується і О.М. Генгало із співавторами [7].

Інші дослідники виявили перевагу допосівного обробітку насіння цинком та іншими мікроелементами, оскільки активуються початкові етапи проростання, що впливає на подальший ріст і розвиток рослин [8–10].

Незважаючи на велику кількість досліджень, немає однозначної відповіді про ефективність впливу форм і термінів внесення цинку на продуктивність рослин та якість продукції, оскільки вони залежать як від складу хелатних речовин, так і від ґрунтово-кліматичних умов, рівня родючості ґрунту і погодних умов конкретного року.

Мета досліджень — вивчити вплив форм, способів внесення цинку на формування врожаю та якості зерна пшениці озимої м'якої на чорноземах південних.

Матеріали та методи. Досліди виконано на чорноземах південних малогумусних важкосуглинистих добре окультурених. Вихідну агрохімічну характеристику орного (0–20 см) та підорного (20–40 см) шарів ґрунту наведено в табл. 1.

Розмір посівної ділянки — 120 м², облікової — 50 м², повторність — 4-разова. Добрива вносили у вигляді аміачної селітри, гранульованого суперфосфату та калійної

1. Агрохімічна характеристика ґрунту

Показник	Шар ґрунту, см	
	0–20	20–40
Гумус за Тюрнімом, %	3,11	3,06
Валові, %:		
азот	0,21	0,20
P ₂ O ₅	0,14	0,12
K ₂ O	1,11	1,11
Сума ввібраних основ, мг на 100 г ґрунту	32,0	31,2
рН, од.:		
водне	6,8	6,7
сольове	6,1	6,1
N–NO ₃ за Кравковим, мг на 100 г ґрунту	0,62	0,55
За Чиріковим, мг на 100 г ґрунту:		
P ₂ O ₅	17,5	17,0
K ₂ O	10,0	9,5
Zn, амонійно-ацетатний буфер, мг на 1 кг ґрунту	0,57	0,47

солі, а також суперфосфату з додаванням комплексонату цинку (0,75%). Розчинами солей цинку обробляли вегетуючі посіви пшениці озимої ручним обприскувачем. Схему досліду наведено при викладанні результатів. Попередник пшениці озимої сорту Кнопа — пар чорний.

Вивчали ефективність мікроелемента за його внесення у вигляді сульфату цинку, хелатної форми, де як ліганд використано ОЕДФ, суперфосфат із хелатом цинку на основі ОЕДФ (0,75%).

Супутні спостереження та аналізування виконано загальноприйнятими методами відповідно до стандартних методик. Статистичну обробку отриманих результатів виконано з використанням пакета прикладних програм Excel і Statistika, методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів.

Результати досліджень. Результати досліджень (табл. 2, рис. 1 і 2) свідчать, що за

внесення цинку в ґрунт приріст зерна щодо абсолютного контролю (фон 1) досягав, залежно від форми внесення, 0,21 т/га (4,9%) при використанні сульфату цинку, 0,41 т/га (9,5%) — комплексонату цинку і 0,87 т/га (20,2%) при використанні хелатованого суперфосфату у складі повного мінерального добрива, різниця — 0,20 та 0,66 т/га на користь хелату цинку.

За позакореневого використання також спостерігали перевагу комплексонату цинку над мінеральною сіллю: рівень приросту врожаю зерна за 1-разового використання становив 7,9–9,3% залежно від фази розвитку рослин пшениці озимої, 2-разового — 12,4%, за використання звичайної солі цинку та 11,9–14,9 і 17,5%, відповідно, за використання комплексонату цинку.

Якщо порівняти підвищення урожайності проти фону 1 за роками досліджень, то максимальними вони були у 2014 р.,

2. Урожайність зерна пшениці озимої за різних форм і термінів внесення цинку, т/га

№ варіанта	Зміст варіанта	Доза	Термін і спосіб унесення	Роки досліджень			Середнє	± до фону 1	
				2013	2014	2015		т/га	%
1	Без добрив		Фон 1	5,00	3,71	4,18	4,30	—	—
2	$N_{90}P_{60}K_{40}$		Фон 2	5,42	4,34	4,82	4,86	0,56	13,0
3	$N_{90}P_{60}K_{40}$		Суперфосфат з хелатом	5,68	4,77	5,06	5,17	0,87	20,2
			Фон 1						
4	$ZnSO_4$	2 кг/га	ґрунт	5,21	3,95	4,37	4,51	0,21	4,9
5		250 г/га	Кущіння	5,30	4,13	4,49	4,64	0,34	7,9
6		250 г/га	Стеблуння	5,25	4,22	4,62	4,70	0,40	9,3
7		250 г/га	Кущіння + стеблуння	5,34	4,45	4,70	4,83	0,53	12,4
8	Хелат	2 кг/га	ґрунт	5,30	4,18	4,65	4,71	0,41	9,5
9		250 г/га	Кущіння	5,40	4,31	4,72	4,81	0,51	11,9
10		250 г/га	Стеблуння	5,28	4,79	4,75	4,94	0,64	14,9
11		250 г/га	Кущіння + стеблуння	5,40	4,88	5,07	5,05	0,75	17,5
			Фон 2						
12	$ZnSO_4$	2 кг/га	ґрунт	5,51	4,48	4,77	4,92	0,62	14,4
13		250 г/га	Кущіння	5,44	4,62	5,01	5,02	0,72	16,7
14		250 г/га	Стеблуння	5,47	4,79	5,25	5,17	0,87	20,2
15		250 г/га	Кущіння + стеблуння	5,47	4,94	5,37	5,26	0,96	22,3
16	Хелат	2 кг/га	ґрунт	5,59	4,94	5,01	5,18	0,88	20,5
17		250 г/га	Кущіння	5,47	5,12	5,17	5,25	0,95	22,1
18		250 г/га	Стеблуння	5,50	5,08	5,33	5,30	1,00	23,2
19		250 г/га	Кущіння + стеблуння	5,65	5,15	5,40	5,40	1,10	25,6
	$HCP_{0,95}$			0,22	0,30	0,25	—	—	—

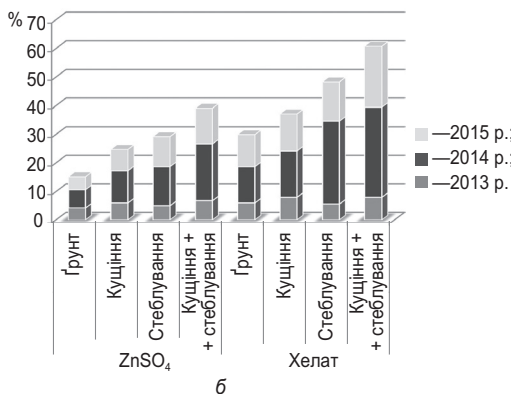
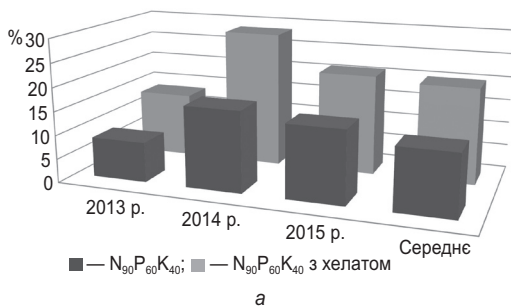


Рис. 1. Приріст урожаю без унесення добрив, % до контролю: а — варіанти з унесенням повного мінерального добрива; б — залежно від форми і строку внесення цинку

а мінімальними — у 2013 р. (див. рис. 1, а, б). Так, при внесенні $N_{90}P_{60}K_{40}$ з хелатованим суперфосфатом приріст урожаю зерна у 2014 р. становив 28,6%, у 2013 р. — 13,6, при використанні звичайного суперфосфату у складі $N_{90}P_{60}K_{40}$ — 17 та 8,4%, відповідно. Порівняння варіантів з унесенням сульфату цинку та його комплексонату також свідчить про більший приріст у 2014 р. (6,5–31,5%) проти 2013 р. (4,2–8%).

Аналогічна тенденція спостерігається і при порівнянні урожайності за варіантами з фоном 2 (рис. 2). Приріст у 2014 р.: за внесення $ZnSO_4$ — 3,2–13,8%; хелату цинку — 13,8–18,7 та $N_{90}P_{60}K_{40}$ з хелатованим суперфосфатом — 9,9%; приріст у 2013 р.: 1,7–0,9%, 0,9–4,2 та 4,8% відповідно до вказаних форм унесення цинку.

Вважаємо, що різна ефективність цинку за роками досліджень пояснюється гідротермічними умовами періоду весняно-літньої вегетації років дослідження: ГТК 2013 р. — 1,56;

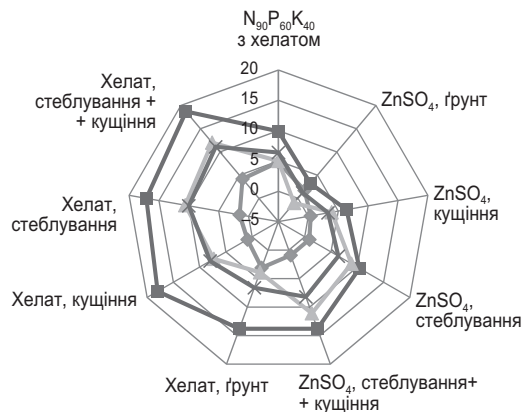


Рис. 2. Приріст урожаю зерна пшениці озимої залежно від форми і терміну внесення цинку, % до фону 2 ($N_{90}P_{60}K_{40}$): — 2013 р.; — 2014 р.; — 2015 р.; — середнє

2014 — 0,0 та 2015 р. — 0,63.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу ефективність цинку на 75,7–96% залежала від гідротермічних умов: коефіцієнт кореляції коливався в інтервалі від (–0,87) до (–0,98), тобто чим посушливіші умови весняно-літньої вегетації рослин пшениці озимої, тим вище ефективність мікроелемента цинк. За внесення цинку в ґрунт його ефективність зумовлена запасами продуктивної вологи в шарі 0–20 см під час сівби та відновленні вегетації навесні: $r=0,99$ – $0,92$ (дуже сильний зв'язок) при використанні сульфату цинку, $r=0,67$ – $0,50$ (середній зв'язок) при внесенні хелату цинку та $r=0,87$ – $0,69$ (сильний зв'язок) — хелатованого суперфосфату. Отже, очевидно, що ступінь впливу вологості ґрунту ранніх стадій вегетації на ефективність цинку при внесенні в ґрунт визначалась формою внесення мікроелемента: максимальна залежність (на 98,0–84,6%) спостерігалася при використанні простої солі, мінімальна (44,9–25,0%) — комплексонату цинку, хелатований суперфосфат займав проміжне місце: його ефективність залежала від запасів вологи під час сівби на 75,7%, а рано навесні — на 47,6%.

Результати 3-річних досліджень математично оброблено за схемою 3-факторного досліді, де фактор А — фони живлення: 1-й — без унесення добрив і 2-й — $N_{90}P_{60}K_{40}$;

3. Результати дисперсійного аналізу 3-факторного досліджу

Середня урожайність за факторами, т/га					
Фактор А		Фактор В		Фактор С	
Контроль без добрив	4,68	ZnSO ₄	4,82	Ґрунт	4,83
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	5,12	Хелат Zn	4,98	Кущіння	4,92
				Стеблуння	5,03
				Кущіння + стеблуння	5,15
HCP _{0,95}	0,12	0,12		0,18	
F _{факт}	57,3	8,0		11,4	
Сила впливу фактора, %	20,0	14,0		16,0	
Точність досліджу, %				2,6	
Загальна варіація даних, %				10,1	

фактор В — форми внесення мікроелемента: звичайна сіль і хелатована та фактор С — строки внесення мікроелемента. З обробітку виключено варіант N₉₀P₆₀K₄₀ з хелатованим суперфосфатом, оскільки по цьому фоні живлення додатково цинк не вносили (табл. 3).

Середня врожайність на неудобреному фоні становила 4,68 т/га, що істотно менше за удобрений фон, різниця — 0,44 т/га за HCP_{0,95}=0,12; порівняння різниці складників фактора В (0,16 т/га) з величиною найменшої істотної різниці по ньому (0,12 т/га) також свідчить про достовірність впливу форм внесення мікроелемента цинк на користь комплексонату під час формування врожаю пшениці озимої. Між строками внесення

математично істотну перевагу має внесення мікроелемента цинк у фазі стеблуння та 2-разове обприскування посіву порівняно з унесенням у Ґрунт. Обробіток вегетуючих рослин у фазі кущіння не має переваги перед унесенням цинку в Ґрунт під передпосівну культивуацію та обробітком у фазі стеблуння, оскільки різниця в урожайності становить 0,09 і 0,11 т/га при HCP_{0,95} по фактору С — 0,18. За 1-разового обприскування рослин у фазі кущіння формується істотно менша врожайність (на 0,23 т/га за HCP_{0,95}=0,18), ніж за 2-разового.

Результати із вивчення структури колоса наведено в табл. 4.

Кількість колосків у колосі головного стебла в середньому за роками досліджень

4. Структура колоса за варіантами і формами внесення цинку (середнє за 3 роки)

Варіант	Довжина колоса, см	Кількість у колосі, шт.		Маса зерна з 1-го колоса, мг
		колосків	зерен	
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀ , суперфосфат з хелатом	7,65	17,4	49,1	1,73
Без добрив — фон 1	7,50	16,7	44,5	1,61
ZnSO ₄ , кущіння	7,75	16,9	45,6	1,64
ZnSO ₄ , кущіння + стеблуння	7,80	17,1	48,2	1,66
Хелат, кущіння	7,80	17,0	50,1	1,68
Хелат, кущіння + стеблуння	7,80	17,1	52,3	1,70
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀ — фон 2	7,75	17,3	47,2	1,72
ZnSO ₄ , кущіння	7,80	16,9	49,3	1,74
ZnSO ₄ , кущіння + стеблуння	7,82	17,3	54,2	1,77
Хелат, кущіння	7,85	17,2	54,9	1,79
Хелат, кущіння + стеблуння	7,87	17,3	56,2	1,82

5. Якість зерна пшениці озимої в досліді з цинком, середнє за 3 роки

№ варіанта	Зміст варіанта	Доза	Термін і спосіб унесення	Маса, г		%		Zn
				1 л	1000 зерен	Білок	Клейковина	мг/кг
1	Без добрив		Фон 1	773,7	39,47	11,68	19,9	14,5
2	$N_{90}P_{60}K_{40}$		Фон 2	772,4	40,43	13,46	23,8	17,7
3	$N_{90}P_{60}K_{40}$	Суперфосфат із хелатом	Фон 1	779,3	40,53	13,57	24,2	19,3
4	$ZnSO_4$	2 кг/га	Ґрунт	778,5	40,05	11,96	20,8	20,2
5		250 г/га	Кущіння	789,3	41,23	12,02	21,0	18,4
6		250 г/га	Стеблуння	780,3	41,31	12,45	22,6*	18,6
7		250 г/га	Кущіння + стеблуння	779,0	42,02	12,38	22,3*	18,6
8	Хелат	2 кг/га	Ґрунт	779,3	40,22	12,26	21,4	21,8
9		250 г/га	Кущіння	792,1	42,25	12,24	22,0*	19,3
10		250 г/га	Стеблуння	785,2	42,15	13,02*	23,5*	19,8
11		250 г/га	Кущіння + стеблуння	783,4	43,01	12,95*	23,0*	19,5
12	$ZnSO_4$	2 кг/га	Ґрунт	774,7	39,92	12,90	23,1	22,1
13		250 г/га	Кущіння	781,9	40,45	13,79	24,0	20,3
14		250 г/га	Стеблуння	789,4	40,38	13,62	25,3	20,5
15		250 г/га	Кущіння + стеблуння	789,0	41,21	13,28	23,8	20,5
16	Хелат	2 кг/га	Ґрунт	779,1	40,52	13,45	24,4	22,6
17		250 г/га	Кущіння	784,1	41,77	13,95	25,0	21,8
18		250 г/га	Стеблуння	783,2	41,16	13,74	25,7	22,0
19		250 г/га	Кущіння + стеблуння	784,3	42,03	13,61	24,5	21,5

* Збільшення показника істотне щодо фону 1.

на чистому контролі була мінімальна — 16,7 шт. і збільшувалася на 0,1–0,7 шт. залежно від форми і строку внесення мікроелемента. Водночас найбільше підвищення цього показника було за внесення $N_{90}P_{60}K_{40}$, де суперфосфат модифіковано хелатом цинку (на 0,7 шт./колос).

Більша озерненість (52,3 шт.) забезпечувалася на неудобреному фоні 2-разовим обробітком посівів пшениці озимої комплексонатом цинку, а по фоні повного мінерального добрива — при використанні сульфату цинку двічі по вегетації (54,2 шт.) і у варіантах обробітку хелатом у кущіння (54,9 шт.) і кущіння+стеблуння (56,2 шт., або 26,3% до чистого контролю і 19,1% — до фону 2).

Варіанти використання мікроелемента цинк закономірно вплинули на масу зерна з 1-го колоса, яка разом із щільністю

стеблостою визначає рівень урожайності колосової культури. Так, за варіантами форм і строків використання цинку по фоні без унесення добрив, маса зерна з 1-го колоса головного стебла коливалася в інтервалі 1,64–1,70 мг, що на 1,9–5,6% вище контролю. На фоні внесення мінеральних добрив маса зерна з 1-го колоса перевищувала фон 2 на 1,2–5,8%, а фон 1 — на 6,8–13%, причому за використання комплексонату цинку вихід зерна з 1-го колоса істотно (на 11,1–13%) перевищував чистий контроль.

Використання цинку в технології вирощування пшениці озимої вплинуло на якісні показники зерна (табл. 5) і, якщо параметри фізичних показників перевищували фони живлення в межах достовірності, то концентрація білка та клейковини в зерні істотно збільшувалася на всіх варіантах фону 2 щодо чистого контролю, а порівняно

з удобренням фоном — можна говорити лише про тенденцію до збільшення.

Завдяки 1-разовому внесенню цинку у формі його комплексної солі з ОЕДФ у фазі стеблуння та 2-разовому обробітку посівів пшениці озимої по неудобреному фону істотно зросли: вміст білка — на 1,34–1,27 і вміст клейковини — на 3,1–3,6 абс. %.

Використання сульфату цинку у ці фази достовірно позначилося лише на вмісті клейковини (+2,4–2,7%).

Концентрація цинку в зерні пшениці озимої значно зросла порівняно з неудобреним фоном — на 22,1–55,9% та з повним мінеральним фоном — на 14,7–27,7%, але не перевищувала ГДК для зерна.

Висновки

Установлено, що позакореневе підживлення розчином комплексонату цинку (250 г/га) підвищує урожай зерна пшениці озимої з найбільшим ефектом від 2-разового обробітку у фазі куціння та стеблуння. Приріст становить 0,20–0,54 т/га залежно від фону основного живлення. Ефективність використання Zn у посушливих умовах Півдня України на 75,7–96% визначається гідротермічними умовами весняної вегетації, але водночас мікроелемент сприяє розвитку стійкості рослин

пшениці озимої до температурного стресу. Концентрація Zn в зерні дослідних варіантів коливалася в межах 18,4–22,1 мг/кг (на контролі — 14,5 мг/кг) за ГДК=50 мг/кг.

З метою підвищення урожайності пшениці озимої м'якої в умовах Причорноморського Степу України на чорноземах південних на фоні внесення $N_{90}P_{60}K_{40}$ доцільно проводити 2-разове позакореневе підживлення рослин мікроелементом Zn у вигляді комплексонату Zn з ОЕДФ у нормі 250 г/га.

Кривенко А.І.¹, Бурькіна С.І.²

Одесская государственная сельскохозяйственная опытная станция НААН, ул. Маякская дорога, 24, пгт Хлебодарское Беляевского р-на Одесской обл., 67667, Украина; e-mail: ¹kryvenko35@ukr.net, ²burykina@ukr.net

Ефективність форм і строків внесення цинку на посівах пшениці озимої

Цель. Изучить влияние форм, способов внесения цинка на формирование урожая и качества зерна пшеницы озимой мягкой. **Методы.** Полевые, лабораторные. Сопутствующие наблюдения и анализирование выполнены общепринятыми методами в соответствии со стандартными методиками. Статистическая обработка полученных результатов выполнена с использованием пакета прикладных программ Excel і Statistika, методами дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов. **Результаты.** При внесении $N_{90}P_{60}K_{40}$ в составе которого суперфосфат модифицирован комплексонатом цинка на основе оксиэтилендифосфоновой кислоты (ОЭДФ), прирост урожая составил 20,2% против варианта без удобрений, в том числе 6,4% за счет цинка. Целесообразно вносить микроэлемент цинк в виде его комплексоната с ОЭДФ, прирост урожая по сравнению с сульфатом цинка — 0,16 т/га, а общая доля влияния этого фактора — 14%. Внесение комплексоната

цинка под предпосевную культивацию в дозе 2 кг/га не имело преимуществ перед одноразовой обработкой растений в фазе кушения дозой 250 г/га, но перенос этого мероприятия на фазу стеблевания обеспечило существенный прирост урожая (0,2 т/га при НСР_{0,95} = 0,18).

Выводы. Внекорневая подкормка раствором комплексоната цинка (250 г/га) повышает урожайность зерна пшеницы озимой с наибольшим эффектом от 2-кратной обработки в фазы кушения и стеблевания; прирост составляет от 0,2 до 0,54 т/га. Эффективность использования Zn в засушливых условиях Юга Украины на 75,7–96% определяется гидротермическими условиями весенней вегетации, но при этом микроэлемент способствует развитию устойчивости растений пшеницы озимой к температурному стрессу. Концентрация цинка в зерне опытных вариантов колебалась в пределах 18,4–22,1 мг/кг (на контроле — 14,5 мг/кг).

Ключевые слова: цинк, пшеница озимая, фазы вегетации, качество, чернозем южный.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201902-03>

Kryvenko A.¹, Burykina S.²

Odesa state agricultural experimental station of NAAS, Mayakhska Doroha, 24, Khlibodarske, Biliayevskiy region, Odessa oblast, 67667, Ukraine; e-mail: ¹kryvenko35@ukr.net, ²burykina@ukr.net

Efficiency of forms and times of entering zinc in sowings of winter wheat

The purpose. To study influence of forms, methods of entering zinc on formation of yield and quality of grain of winter soft wheat. **Methods.** Field, laboratory. Concomitant observation and analysis are executed by standard methods in accordance to standard procedures. Statistical analysis of the gained results was carried out with the use of package of programs Excel and Statistika, methods of dispersive, correlation and regression analysis. **Results.** At entering $N_{90}P_{60}K_{40}$ in structure of which superphosphate is modified with inoculated zinc coplexonate on the basis of hydroxyethylenedendiphosphonic acid (HEDP), increase of yield made 20,2 % against alternative without fertilizing, including 6,4 % due to zinc. It is expedient to add zinc in the form of its coplexonate with HEDP, increase of yield in comparison with zinc sulphate — 0,16 t/hectare, and over-all share of influence of that factor — 14%. Entering zinc

coplexonate under presowing cultivation in dose of 2 kg/hectare had no advantage as compared to single machining of plants in tillering stage in dose of 250 g/hectare, but transmission of that operation on phase of stem growth provided essential increase of yield (0,2 t/hectare at $HCP_{0,95}=0,18$). **Conclusions.** Foliar top dressing with solution of zinc coplexonate (250 g/hectare) increased productivity of grain of winter wheat with the greatest effect at 2-fold machining in tillering stage and stem growth; accretion made 0,2–0,54 t/hectare. Efficiency of using Zn in droughty conditions of South Ukraine on 75,7–96 % is determined by hydrothermal conditions of spring vegetation, but thus the microelement promotes resistance of plants of winter wheat against temperature stress. Concentration of zinc in grain of test alternatives oscillated within the limits of 18,4–22,1 mg/kg (in control — 14,5 mg/kg).

Key words: zinc, winter wheat, phases of vegetation, quality, South chernozem.

<https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201902-03>

Бібліографія

1. Микроэлементы в сельском хозяйстве (изд. 3-е, перераб. и доп. ; под ред. С.Ю. Булыгина. Днепропетровск: Січ, 2007. 100 с.
2. Вильдфлауш И.Р. и др. Применение микроудобрений и регуляторов роста в интенсивном земледелии: рекомендации. Горки: БГСХА, 2015. 48 с.
3. Фатеев А.И., Захарова М.А. Основы применения микроудобрений. Харьков: Изд-во КП «Типография № 13», 2015. 134 с.
4. Фатеев А.И., Полянчиков С.П. Значение микроэлементов в ферментативных процессах в растениях. *Агроном*. 2008. № 4. С. 24–26.
5. Аристархов А.Н., Сафонова К.Г., Волков А.В. Рекомендации по применению микроудобрений под озимую и яровую пшеницу в различных природно-сельскохозяйственных зонах России. Москва: ВНИИА, 2012. 24 с.
6. Аристархов А.Н., Бушуев Н.Н., Сафонова К.Г. Приоритеты применения различных видов, способов и доз микроудобрений под озимые и яровые сорта пшеницы в основных природно-сельскохозяйственных зонах России. *Агрохимия*. 2012. № 9. С. 26–40.
7. Генгало О.М., Павлюк С.Д., Чумак А.А., Кищак В.М. Позакореневе підживлення водорозчинними добривами з мікроелементами як спосіб оптимізації умов живлення пшениці озимої. *Науковий вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2010. № 149. С. 65–73.
8. Genc Y., McDonald G.K., Graham R.D. Critical deficiency concentration of zinc in barley genotypes differing in zinc efficiency and its relation to growth responses. *J. Plant Nutr.* 2002. 25, № 3. P. 545–560.
9. Kenbaev B., Sade B. Response of field-grown barley cultivars grown on zinc-deficient soil to zinc application. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.* 2002. 33, № 3–4. P. 533–544.
10. Vázquez M.D., Barcelo J., Poschenrieder Ch. et al. Localization of zinc and cadmium: *Thlaspi caerulescens* (Brassicaceae), a metallophyte that can hyperaccumulate both metals. *J. Plant Physiol.* 1992. 140, № 3. P. 350–355.
11. Богдан М.М., Гуляева Г.Б. Вплив позакореневого підживлення комплексним мікродобривом на фотосинтетичний апарат і зернову продуктивність рослин пшениці м'якої. Сб. науч. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Современные тенденции в науке и образовании» (Ольштын, 27–28 февраля, 2014 г.). Ольштын, 2014. С. 20–15.