

ВМІСТ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ В ЗЕРНІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД УДОБРЕННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

ОСОКІНА Н.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор

orcid.org/0000-0002-2822-2989

Уманський національний університет садівництва

ЧЕРНО О.Д. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

orcid.org/0000-0001-5021-9340

Уманський національний університет садівництва

СТАРДУБ В.О. – аспірант

orcid.org/0000-0003-3384-6515

Уманський національний університет садівництва

Постановка проблеми. Мікроелементози серед населення України виникають внаслідок дефіциту йоду, селену, заліза, магнію, молібдену, кобальту та ін. В раціонах різних груп населення, особливо у дітей та людей похилого віку, гостро відчувається дефіцит цих елементів. Поширеними і доступними харчовим продуктом в Україні є борошно, хліб, крупи, що вказує на їхню перспективність з точки зору ефективності запобігання нестачі мікронутрієнтів у харчуванні населення. Їх регулярно споживають у дитячих садках, шкільних їдальнях, лікувально-профілактичних та інших закладах харчування. Збагачення мікроелементами, хоча б частини реалізованих хлібобулочних виробів, крупів може позитивно вплинути на їхню кількість в раціоні значного контингенту споживачів. Додатково внесені мікроелементи можуть задовольняти добову потребу в них на 10–60 % за норми споживання хлібобулочних виробів [1–4].

Якість зерна пшениці озимої, а також її мінеральний склад, як сировини, можна скорегувати, певною мірою, застосуванням елементів мінерального живлення рослин [5].

У лабораторних, вегетаційних і польових дослідах, проведених в Україні, встановлено, що позакореневі підживлення мікроелементами у формі хелатів (В, Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Mo) сприяють суттєвому збільшенню врожайності зернових культур – на 10–30 % [6, 7]. Проте вплив позакореневих підживлень мікродобривами, де елементи живлення перебувають у хелатній формі, на формування якості зерна пшениці озимої в умовах Правобережного Лісостепу є маловивченим. Викликає теоретичний і практичний інтерес глибокого дослідження цього питання не тільки для одержання високих і стабільних урожаїв, а й отримання зерна зі збалансованим елементним складом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Мінеральні речовини засвоюються рослинами не лише кореневою системою, але вони можуть проникати в породи та епідерміс листків. Тому листки рослин також беруть участь у поглинанні мінеральних речовин. Слід зазначити, що такі мікроелементи, як залізо, марганець та мідь, краще поглинаються листками, які проникають крізь породи листків і кутикулу [8].

Для позакореневого підживлення рослин використовують слабкі водні розчини макро- та мікроелементів.

Найчастіше з цією метою застосовують мікроелементи, оскільки дози їхнього внесення простіше розподілити на площі посівів. За такого способу ефект засвоєння рослинами мікроелементів вищий, ніж у разі внесення в ґрунт [9].

Поглинання мінеральних речовин має вибіркового характеру, який успадковується генетично і водночас залежить від їхньої концентрації в живильному середовищі. Хоча між хімічним складом ґрунту і хімічним складом рослин та їхніх плодів немає прямої залежності. Розбіжності за вмістом елементів пов'язані з механізмом вибіркового поглинання та акумулювання притаманного рослині. Так, жито вирощене на тому самому ґрунті, що й пшениця, накопичує менше мангану, молібдену й міді, але значно більше бору [5].

Вміст мікроелементів у рослинах та їхніх плодах досить динамічний. По-перше, він зростає протягом вегетаційного періоду, по-друге сильні атмосферні опади змивають і вимивають органічні сполуки, що містять мікроелементи, з поверхні листків. Оскільки кількість поглиненого елемента зумовлена біологічними особливостями (генотипом), геохімічним середовищем та індивідуальними властивостями елементів, їхній вміст в одного виду рослин та плодах може змінюватися у певних межах. Так, за даними Г. Господаренка зі співавторами [10] вміст мікроелементів в зерні пшениці коливається в межах (мг/кг): залізо – 20,7–64,5; манган – 21,3–71,1; мідь – 2,78–8,05; цинк – 19,8–47,4; кобальт – 0,079–0,252; молібден – 0,197–0,872; бор – 0,78–1,62.

Нажаль, як у вітчизняній, так у зарубіжній науковій літературі, даних щодо вмісту мікроелементів в зерні за різних систем удобрення вкрай мало, а за поєднання систем удобрення та позакореневого підживлення – практично немає.

Дослідженнями В. В. Любича [11] встановлено, що вміст мікроелементів в зерні пшениці озимої істотно змінюється, залежно від систем удобрення. Застосування азотних добрив підвищує вміст хімічних елементів у зерні, незалежно від сорту пшениці м'якої озимої. Найбільше зростає вміст стронцію, нікелю, натрію, цинку, заліза, міді та селену (20–33 %), алюмінію, мангану, сірки, хлору, олова та йоду (10–17 %), вміст магнію, кальцію, кремнію, ванадію, титану, свинцю і кадмію (3–9%) залежно від особливостей застосування азотних добрив.

За даними інших досліджень [12] три сорти озимої пшениці вирощували з низькими і високими нормами азотних добрив протягом двох вегетаційних періодів. Внесення добрив з високим вмістом азоту дало не тільки вищі врожаї, а також вміст азоту та мікроелементів в зерні в обох вегетаційних сезонах. Прирости мікроелементів з високим вмістом азоту становили, в середньому, 14,0 % – залізо, 9,2 % – цинк, 19,7 % – манган, 13,2 % – мідь, 15,1 % – нікель і 23,0 % кадмій. Між дослідженими сортами існували абсолютно невеликі, але значущі відмінності за всіма мікроелементами, особливості сорту виявилися для обох норм удобрення азотом. Однак сорти відрізнялися за концентрацією мікроелементів протягом двох вегетаційних сезонів, а специфічні реакції були тісно пов'язані з дозами азоту.

Досліджено [13] вплив традиційного та органічного землеробства на деякі якісні параметри зерна пшениці озимої та ярої, пшениці полби та проса. В умовах органічного землеробства пшениця характеризувалася найбільш сприятливим хімічним складом зерна, в тому числі, азоту – 23,5 мг/кг, магнію – 705, цинку – 32,9; магнію – 904, міді – 6,27, заліза – 57,0 мг/кг. Мінеральний склад органічно вирощеної пшениці показав значні відмінності за роками врожаю, сортами, джерелом добрив. Найвищий вміст мінеральних речовин в зерні отримано на контрольних ділянках без удобрення, а найменший – від хімічних добрив, гною великої рогатої худоби та органічних добрив [14].

Не багаточисельні результати досліджень та існуючі уявлення про склад мінеральних речовин в зерні залежно від систем удобрення, потребують глибокого, детального вивчення питання.

Мета статті. Встановити вплив систем удобрення та позакореневого підживлення хелатним добривом Наніт на вміст мікроелементів у зерні пшениці озимої.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили 2019–2020 роках в Уманському національному університеті садівництва на кафедрі технології зберігання і переробки зерна та лабораторії з оцінки якості зерна та зернопродуктів, а також у тривалому (з 1964 р.) стаціонарному досліді кафедри агрохімії і ґрунтознавства (№ реєстрації НААН 88) на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому за трьох рівнів мінеральної та одного рівня органо-мінеральної систем удобрення. Дози добрив (кг/га д.р.) за мінеральної системи становили: $N_{45}P_{45}K_{45}$ (M1); $N_{90}P_{90}K_{90}$ (M2); $N_{135}P_{135}K_{135}$ (M3). За органо-мінеральної системи удобрення – доза гною становила 9,0 т/га, а загальна кількість внесення основних елементів живлення скоригована до мінеральної системи удобрення додатковим внесенням мінеральних добрив дозою $N_{45}P_{67,5}K_{36}$ (OM2). Гній вносили під передпопередник. Азотні добрива вносились у два рівновеликих підживлення наповесні та у фазу виходу в трубку, за виключенням варіанту $N_{135}P_{135}K_{135}$, де N_{45} вносили під основний обробіток. У досліді вирощувався сорт пшениці озимої – Місія одеська. Попередником пшениці озимої була конюшина.

Для позакореневого підживлення використовували комплексне висококонцентроване хелатне добриво Наніт, р. (N – до 36,0 %, P_2O_5 – до 40,0 %, K_2O – до 40,0

%, S – до 30%, CaO – до 15%, Na_2O – до 12 %, B – до 15 %, Co – до 2%, Cu – до 10 %, Zn – до 10 %, Fe – до 10 %, Mn – до 10 %, Mo – до 7 %, MgO – до 20 %, Ti – до 2 %, Ni – до 2 %, солі гумінових кислот, амінокислоти, фітогормони, ПАР [15]. Норма внесення – 3 л/га. Обробляли пшеницю оприскуванням тричі: в період куціння у фазу виходу в трубку та формування колосу. За контроль були взяті варіанти: без внесення добрив та позакореневого підживлення хелатним добривом Наніт.

Визначення вмісту мікроелементів проводили методом атомно-абсорбційної спектроскопії за ГОСТ 30178–96 в лабораторії TerraLab.

Результати досліджень. Зважаючи на існуючі класифікації мікроелементів вивчений нами склад розділено на групи – есенціальні та умовно есенціальні, а тому отримані результати представлені в табл. 1–3 за вказаним поділом.

Дослідження показали, що як системи удобрення окремо, так і їх внесення в поєднанні з позакореневим підживленням, істотно змінюють вміст елементів в зерні пшениці озимої.

Залізо – мікроелемент, який засвоюється рослинами у найбільшій кількості, є функціональною складовою частиною ферментних систем. Особлива важлива його роль в окисному й енергетичному обміні, в утворенні хлорофілу [16]. В організмі людини дефіцит заліза призводить до затримки фізичного, нервово-психічного, психомоторного, статевого розвитку, сприяє розвитку синдрому хронічної втоми, впливає на імунний статус. Нестача заліза в раціоні харчування людини викликає залізодефіцитну анемію [17].

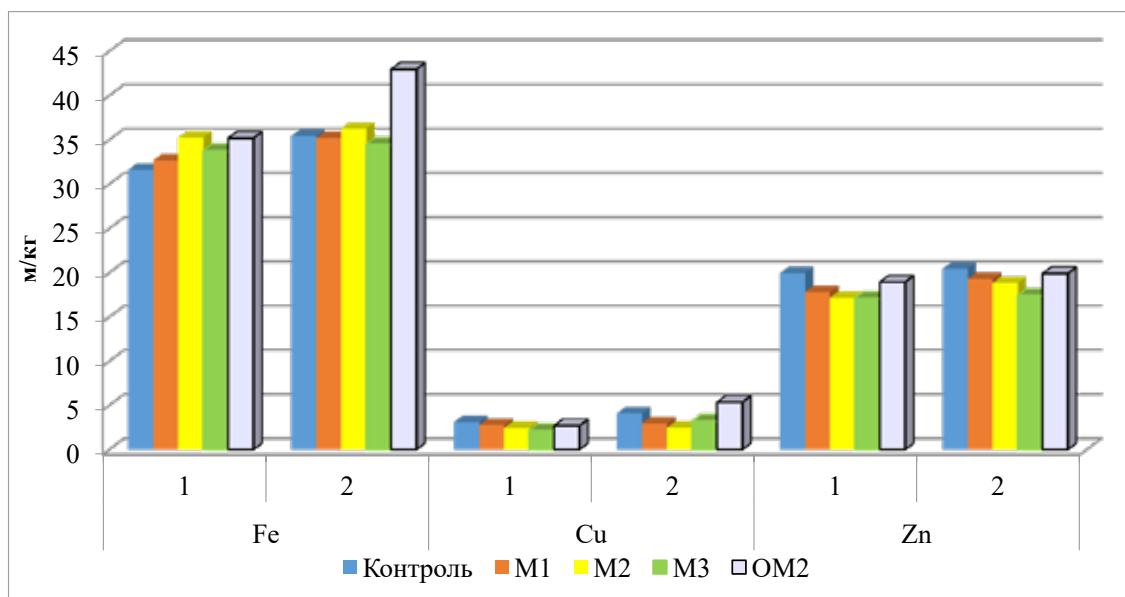
З рис. 1 видно, що вміст заліза в зерні пшениці озимої підвищувався як за різних доз і систем удобрення, так і за позакореневого підживлення хелатним добривом Наніт.

Порівняно з варіантом досліду, де добрив не вносили, найвищий вміст заліза в зерні пшениці озимої спостерігався за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ та Гній 9 т/га + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$, де приріст відповідно становив 11,5 та 11,3 %.

На ділянках, де проводилось позакоренево підживлення хелатним добривом Наніт, вміст заліза в зерні пшениці озимої у варіантах $N_{45}P_{45}K_{45}$ та $N_{135}P_{135}K_{135}$ зменшився, а за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$, навпаки, – підвищився, порівняно з варіантом, де проводилось лише позакоренево підживлення. Однак ці відхилення були неістотними ($HIP_{05} = 2,16$). Найвищий вміст заліза в зерні пшениці озимої (42,96 мг/кг) спостерігався у варіанті з позакореневим підживленням Наніт на тлі Гній 9 т/га + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$.

В усіх варіантах досліду як з позакореневим підживленням Наніт, так і без його застосування зерно пшениці озимої мало підвищений вміст заліза. Позакоренево підживлення хелатним добривом Наніт підвищувало його вміст у варіанті досліду, де добрив не вносили, на 12 %, за його внесення на тлі $N_{45}P_{45}K_{45}$ – на 7,7 %. За внесення Наніт на тлі Гній 9 т/га + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$ вміст заліза був найвищим (42,96 мг/кг), що 22 % перевищувало варіант з внесенням лише Гній 9 т/га + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$.

Цинк посідає друге місце після заліза за поширенням в організмі людини та входить до складу більш ніж 300



Примітка: M1 – $N_{45}P_{45}K_{45}$, M2 – $N_{90}P_{90}K_{90}$, M3 – $N_{135}P_{135}K_{135}$, OM2 – 9 т/гною + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$. 1 – без підживлення; 2 – з підживленням.

Рис. 1. Вміст есенціальних мікроелементів в зерні пшениці озимої за різних систем удобрення та позакореневого підживлення, мг/кг

ферментів, а також до складу інсуліну. Він необхідний нашому організму для захисту імунної системи, утворення клітинних структур, загоєння ран та зменшення запалення [15]. Цинк в рослинах активує дію ферментів, відіграє важливу роль у регулюванні процесів росту, формуванні генеративних об'єктів [14].

Вміст цинку в зерні пшениці озимої мав тенденцію до зниження як у варіантах дослід з внесенням різних доз і систем удобрення, так і на їх тлі позакореневого підживлення хелатним добривом Наніт. Особливо різким (на 11–15 %) це зниження було за мінеральної системи удобрення, порівняно з ділянкою, де добрив не вносили. Це, на нашу думку, можна пояснити тим, що високі дози азоту і фосфору можуть знижувати його вміст. Отримані нами дані підтверджуються й іншими дослідниками [10].

У варіантах з внесенням добрив найвищим вміст цинку був за внесення 9 т/га гною + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$ та на його тлі позакореневого підживлення хелатним добривом Наніт.

Мідь – це один з біологічно активних елементів, який забезпечує нормальне протікання всіх життєвих функцій рослинного та людського організму. Відомо, що потреба рослин в міді не велика, але пшениця відноситься до найбільш чутливих культур до нестачі цього елемента. Мідь входить до складу металоферментів, що відіграють важливу роль в окисно-відновних процесах. В організмі людини вона формує захисне покриття нервів і сполучної тканини, посилює приплив кисню до клітин, забезпечує засвоєння вітамінів, а також макро- і мікроелементів з їжі. Мідь має виражені протизапальні властивості, знижує ступінь активності аутоімунних захворювань [17].

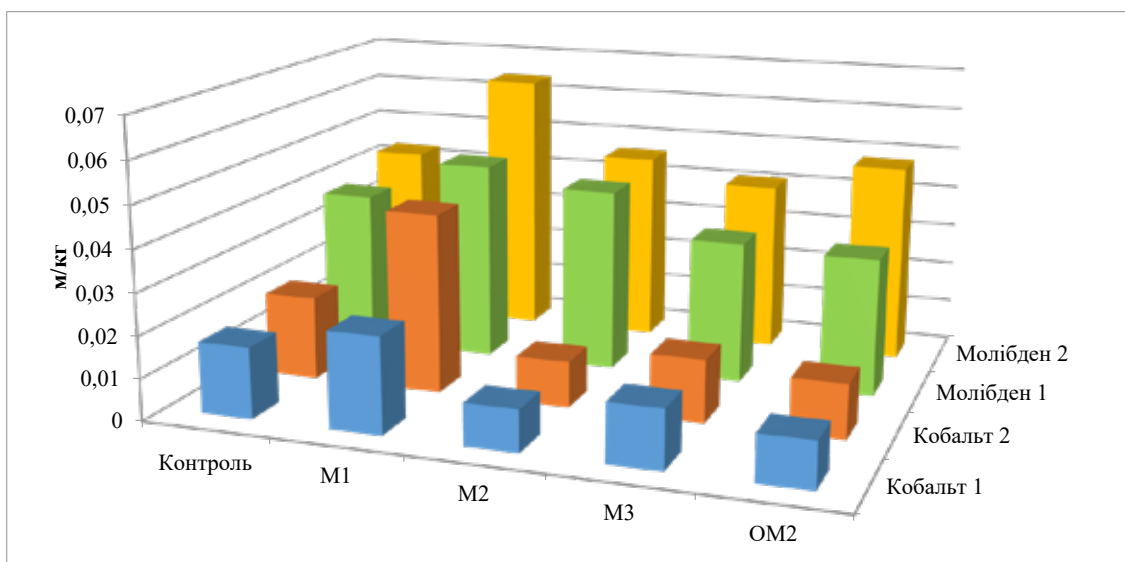
Виявлено, що у контрольному варіанті, де добрив не вносили, та лише за позакореневого підживлення хелатним добривом Наніт вміст міді у зерні пшениці озимої був найвищим і становив 19,95 та 20,46 мг/кг відповідно. За внесення мінеральних добрив її вміст знижувався на 0,33–0,92 мг/кг залежно від доз добрив, порівняно з варіантом, де добрив не вносили. На думку вчених [10] високий вміст іонів-антагоністів – азоту, фосфору, цинку, кальцію, молібдену може знижувати засвоєння рослинами міді. Все це є об'єктивною причиною недостатнього нагромадження міді у зерні пшениці озимої.

Позакореневе підживлення рослин хелатним добривом Наніт (як окремо, так і на тлі різних доз і систем удобрення) сприяло підвищенню вмісту міді в зерні пшениці озимої на 0,2–2,65 мг/кг. Найвищим (5,35 мг/кг) вміст міді був за внесення Наніт на тлі орґано-мінеральної системи удобрення.

Незважаючи на невелику потребу в мікроелементі, кобальт виконує в рослинах та організмі людини важливі фізіологічні функції. Першочергове значення елемента пов'язане з тим, що він входить в структуру вітаміну B_{12} (ціанкобаламіну). Тому основна біологічна функція елемента – участь в процесах кровотворення [17]. За даними наукової літератури, вміст кобальту (вітамін B_{12}) в зерні пшениці озимої не має перевищувати 1 мг/кг, а добова потреба організму людини становить 3 мг/кг.

З рис. 2 видно, що вміст кобальту у зерні пшениці озимої сильно варіював, залежно від систем удобрення та позакореневого підживлення рослин.

Так, за внесення середніх ($N_{90}P_{90}K_{90}$ та післядії 9 т/гною + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$) мінеральної і орґано-мінеральної систем удобрення та високих доз ($N_{135}P_{135}K_{135}$), його вміст у зерні зменшився, порівняно з варіантом, де добрив не



Примітка: M1 – $N_{45}P_{45}K_{45}$, M2 – $N_{90}P_{90}K_{90}$, M3 – $N_{135}P_{135}K_{135}$, OM2 – 9 т/гною + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$. 1 – без позакореневого підживлення; 2 – з позакореневим підживленням.

Рис. 2. Вміст есенціальних мікроелементів в зерні пшениці озимої за систем удобрення та позакореневого підживлення, мг/кг

вносили. В той же час у варіанті $N_{45}P_{45}K_{45}$, його кількість значно збільшилася – на 0,006 мг/кг ($HI_{P_{0,5}}=0,004$). Така ж тенденція спостерігалась і після позакореневого підживлення. Застосування хелатного добрива Наніт на тлі $N_{45}P_{45}K_{45}$ сприяло збільшенню його вмісту у зерні – на 0,023 мг/кг ($HI_{P_{0,5}} = 0,008$) або на 115 %.

Порівнюючи кожну систему удобрення без, а також із позакореневим підживленням рослин, накопичення кобальту в зерні відмічалось на кожній із систем удобрень. Проте, за всіх систем воно було незначним, окрім варіанту $N_{45}P_{45}K_{45}$, де його вміст зерні пшениці озимої підвищувався на 0,02 мг/кг ($HI_{P_{0,5}}=0,008$) або на 87 %.

Молібден бере участь у вуглеводному, азотному і фосфорному обмінах, синтезі вітамінів і хлорофілу, підвищує інтенсивність фотосинтезу, входить до складу ферменту нітроредуктази, за участі якого в рослинах нітрати відновлюються до аміаку [16]. А в організмі людини молібден відіграє надзвичайну роль, без якої неможливо здійснення багатьох процесів. Він бере участь в окислювальних процесах, запускаючи процес переходу кисню і поживних речовин в енергію, яка необхідна для підтримки роботи тканин і клітин. Також забезпечує нормальну роботу ксантиоксидази, тобто активує фермент, який переробляє сполуки азоту. Завдяки цьому регулярно оновлюється клітинний склад, виводяться через нирки з сечовиною шлаки і токсини [17].

Встановлено, що різні системи удобрення і дози добрив неоднозначно впливали на вміст молібдену в зерні пшениці озимої. Так за високої дози мінеральної ($N_{135}P_{135}K_{135}$) та органо-мінеральної систем удобрення його вміст знижувався, тоді як за $N_{90}P_{90}K_{90}$ – підвищувався, але ці коливання показників не були істотними. Доза $N_{45}P_{45}K_{45}$ сприяла значному збільшенню вмісту моліб-

дену в зерні, воно становило 0,01 мг/кг ($HI_{P_{0,5}} = 0,008$) або 26 %. Аналогічна закономірність спостерігалась і за позакореневого підживлення. Так його застосування на фоні $N_{45}P_{45}K_{45}$ сприяло підвищенню вмісту молібдену в зерні пшениці озимої на 49 % ($HI_{P_{0,5}} = 0,014$).

Порівняльна оцінка вмісту молібдену у зерні, вирощеному за різних систем удобрення без та з позакореневим підживленням, виявила, що за винятком дози $N_{135}P_{135}K_{135}$, вміст молібдену в зерні підвищився за усіх систем удобрення. Однак, в усіх варіантах досліджу його кількість у зерні була незначною.

Манган у рослинах переважно активує дію різних ферментів, що відповідають за окисно-відновні процеси, фотосинтез, дихання тощо [16]. Він відіграє важливу роль в метаболізмі клітини людини, важливий для репродуктивних функцій і нормальної роботи центральної нервової системи [17].

Очевидне зростання в зерні вмісту мангану можна побачити в таблиці. Його вміст підвищувався в усіх варіантах досліджу.

Порівняно з контрольним варіантом досліджу, де добрив не вносили, найвищий вміст мангану в зерні пшениці озимої спостерігався у варіанті $N_{90}P_{90}K_{90}$, де ще нижчим він був у варіанті $N_{135}P_{135}K_{135}$, а найменшим – на ділянках з внесенням $N_{45}P_{45}K_{45}$, де приріст до контролю становив 13,5; 12,8 та 1,1 % відповідно. Після позакореневого підживлення рослин вміст мангану в зерні за усіх систем удобрення значно збільшився, але найбільшим він був за подвійної дози мінеральної системи удобрення (7,4 мг/кг або на 24,6 %), а найменшим – за одинарної дози добрив (2,47 мг/кг або на 8,2 %).

Достатня забезпеченість рослин бором підвищує інтенсивність фотосинтезу, покращує вуглеводний і біл-

Вміст умовно-есенціальних мікроелементів в зерні пшениці озимої за систем удобрення та позакореневого підживлення, мг/кг

Елемент	Варіант досліду	Система удобрення					НІР _{0,5}
		Контроль (без добрив)	N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₁₃₅ P ₁₃₅ K ₁₃₅	Гній 9 т/га + N ₄₅ P _{67,5} K ₃₆	
Манган	1	29,25	29,57	33,20	32,99	31,45	1,33
	2	30,01	32,48	37,41	35,41	33,95	1,78
Бор	1	0,56	0,57	0,60	0,62	0,58	0,021
	2	0,63	0,65	0,64	0,68	0,69	0,023

Примітка: 1 – без підживлення; 2 – з позакореневим підживленням Наніт.

ковий обмін, активує діяльність ферментів, позитивно впливає на процеси поділу клітин [16]. Бор в організмі людини виконує ряд функцій, але найбільш корисний для кісток, так як регулює обмін фосфору, кальцію та інших мікроелементів, що входять до складу кісткової тканини, впливає на обмін вітаміну D [17].

Всі системи і дози добрив мали позитивний вплив на вміст бору в зерні пшениці озимої. За одинарної дози добрив, його вміст був близьким до контрольного варіанту досліду і становив 0,570 мг/кг, тоді як за середніх і високих доз мінеральної системи удобрення спостерігалось значне збільшення вмісту бору в зерні – на 0,030–0,052 мг/кг. Однак після позакореневого підживлення найвищий (0,69 мг/кг) вміст бору в зерні пшениці озимої спостерігався у варіанті Гній 9 т/га + N₄₅P_{67,5}K₃₆.

Отже, позакореневе підживлення хелатним добривом Наніт підвищувало вміст бору в зерні пшениці за всіх систем удобрення.

Висновки. Внаслідок проведеного аналізу встановлено, що системи удобрення окремо та позакореневе підживлення пшениці озимої істотно змінюють кількісний склад мікроелементів у зерні.

За усіх систем удобрення, порівняно з контрольними варіантами, знижується у зерні вміст цинку та міді, а за – N₄₅P₄₅K₄₅ кобальту та молібдену. Проте за органо-мінеральної системи (післядія 9 т/гною +N₄₅P_{67,5}K₃₆) – у зерні найбільший вміст заліза (35,20 мг/кг), цинку (18,95 мг/кг), міді (2,70 мг/кг). За мінеральної системи удобрення (N₉₀P₉₀K₉₀) – зерно містить більше мангану (33,20 мг/кг) та бору (0,60 мг/кг), а за – N₄₅P₄₅K₄₅ – в зерні високий вміст молібдену (0,048 мг/кг) та кобальту (0,023 мг/кг).

Позакореневе підживлення пшениці озимої хелатним добривом Наніт, незалежно від систем удобрення, підвищує вміст усіх мікроелементів у зерні на: 5–12 % – цинку, мангану, бору, 20–33 % – заліза, молібдену, майже вдвічі міді і кобальту. Причому його внесення на тлі органо-мінеральної системи удобрення підвищує у зерні вміст заліза (42,96 мг/кг), цинку (19,91 мг/кг), міді (5,35 мг/кг), бору (0,69 мг/кг). Застосування позакореневого підживлення хелатним добривом Наніт на тлі середніх доз добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) – сприяє підвищенню вмісту мангану (37,41 мг/кг) і бору (0,68 мг/кг), а його застосування на тлі низьких доз (N₄₅P₄₅K₄₅) сприяло підвищеному вмісту молібдену (0,064 мг/кг) і кобальту (0,043 мг/кг).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Губеня В. О. Технологія хлібобулочних виробів анти-анемічного призначення для закладів ресторанного господарства. Автореферат дис. канд. техн. наук; 05.18.16 – технологія харч. продукції. К.: НУХТ, 2018. 20 с.
- Liubych V. Improvement of the process of hydrothermal treatment and peeling of spelt wheat grain during cereal production / V. Liubych, V. Novikov, I. Polianetska, S. Usyk, V. Petrenko, S. Khomenko, V. Zorunko, O. Balabak, V. Moskalets, T. Moskalets. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2019. № 3(11). P. 40–51.
- Silchuk T., Nazar M., Golikova T. Research on technological properties of potato cellulose for bread production. Journal of Faculty of Food Engineering 2016. Volume XV (4). P. 299–305.
- Сильчук Т. А. Хліб з житнього борошна зниженої якості. *Наук. пр. нац. ун-ту харч. технологій*. 2008. № 25. Ч. 1. С. 81–83.
- Господаренко Г. М., Машинник О. О. Вплив позакореневих підживлень мікродобривами на продуктивність ячменю ярого на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу. *Зб. наук. пр. Вінницького НАУ*. Серія: Сільськогосподарські науки. 2011. № 9 (49). С. 3–10.
- Левитанов С. Капризный злак. Новое сельское хозяйство. 2006. № 2. С. 46–50.
- Власюк П. А. (1965). Физиологические функции микроэлементов и их топография в живых организмах. *Применение микроэлементов в сельском хозяйстве*. Киев: Наукова Думка, 1965. С. 18–32.
- Ткачук К. С. Вплив позакореневого підживлення на кислотність несимбіотичних азотфіксаторів у ґрунті та виділення H_2S-іонів клітинами коренів озимої пшениці / К. С. Ткачук, М. М. Богдан, С. Я. Коць, Л. В. Титова. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2007. Т. 39. № 3. С. 220–224.
- Гребенникова Л. Ю., Забара Ю. М. [Специальные удобрения]. Киев: ООО «Аграр Медиен Украина», 2016. 250 с.
- Господаренко Г., Карнаух О., Alexander A. Мікроелементи і добрива в живленні рослин]. Кам'янець-Подільський: ТОВ Друкарня «Рута», 2020. 348 с.
- Любич В. В. Вміст хімічних елементів у зерні пшениці м'якої озимої залежно від виду, доз і строків застосування азотних добрив. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 107. С. 117–124.

12. Svecnjak, Z., Jenel, M., Bujan, M., Vitali, D., & Vedrina Dragojević, I. Trace element concentrations in the grain of wheat cultivars as affected by nitrogen fertilization. *Agricultural and Food Science*. 2013. 22 (4). pp. 445–451. <https://doi.org/10.23986/afsci.8230>
13. Kwiatkowski, C. A., Haliniarz, M., Tomczyńska-Mleko, M., Mleko, S., & Kawecka-Radomska, M. The content of dietary fiber, amino acids, dihydroxyphenols and some macro- and micronutrients in grain of conventionally and organically grown common wheat, spelt wheat and proso millet. *Agricultural and Food Science*, 2015. 24(3). PP. 195–205. <https://doi.org/10.23986/afsci.50953>
14. Bulut S., Öztürk A., Yıldız N., Karaoğlu M. Mineral composition of wheat species as influenced by different fertilizer sources and different weed control practices. *Gesunde Pflanzen* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00671-w> [in English].
15. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ : ТОВ «ЮНІВЕСТ МЕДІА». 2020. 895 с.
16. Коць С.Я., Петерсон Н.В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. К.: Логос, 2005. 150 с.
17. Смоляр В.І. Фізіологія і гігієна харчування. К.: Здоров'я, 2000. 336 с.
8. Tkachuk, K. S., Bogdan, M.M., Kots, S. Ya., Titova, L. V. (2007). *Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennya na chysel'nist' nesymbiotychnykh azotfiksatyviv u hruntі ta vydilennya* <\$EboldromanHsup+>-ioniv klitynamy koreniv ozymoyi pshenytsi [Influence of foliar feeding on the number of non-symbiotic nitrogen fixers in the soil and release of <\$EboldromanHsup+>- ions by cells of winter wheat roots]. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 39 (3), 220–224. [in Ukrainian].
9. Grebennikova, L. Yu., Zabara, Yu. M. (2016). *Spetsial'nyye udobreniye* [Special fertilizers]. Kyiv: Agrar Medien Ukraine LLC, 250 p. [in Russian].
10. Hospodarenko, G., Karnaukh, O., Alexander, A. (2020). *Mikroelementyidobryvavzhyvlenniroslyn*[Micronutrients and goodness in living plants]. Kam'yanets-Podilsky: TOV Drukarnya "Ruta", 348 p. [in Ukrainian].
11. Liubych, V. V. (2019). *Vmist khimichnykh elementiv u zerni pshenytsi m'yakoyi ozymoyi zalezno vid vydu, doz i strokiv zastosuvannya azotnykh dobryv* [The presence of chemical elements in winter soft wheat grains fallow in terms of species, doses and lines of nitrogen fertilizers]. *Taurian scientific bulletin*, 107, 117-124. [in Ukrainian].
12. Svecnjak, Z., Jenel, M., Bujan, M., Vitali, D., & Vedrina Dragojević, I. (2013). Trace element concentrations in the grain of wheat cultivars as affected by nitrogen fertilization. *Agricultural and Food Science*, 22 (4), 445-451. <https://doi.org/10.23986/afsci.8230>
13. Kwiatkowski, C. A., Haliniarz, M., Tomczyńska-Mleko, M., Mleko, S., & Kawecka-Radomska, M. (2015). The content of dietary fiber, amino acids, dihydroxyphenols and some macro- and micronutrients in grain of conventionally and organically grown common wheat, spelt wheat and proso millet. *Agricultural and Food Science*, 24(3), 195–205. <https://doi.org/10.23986/afsci.50953>
14. Bulut, S., Öztürk, A., Yıldız, N. *et al.* (2022). Mineral composition of wheat species as influenced by different fertilizer sources and different weed control practices. *Gesunde Pflanzen*. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00671-w>.
15. *Perelik pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannya v Ukrayini* (2020). [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. Kyiv: UNIVEST MEDIA LLC. 895 p. [in Ukrainian].
16. Kots, S. Ya., Peterson, N. V. (2005). *Mineral'ni elementy i dobryva v zhyvleni Roslyn* [Mineral elements and fertilizers in plant nutrition]. Kyiv: Logos. [in Ukrainian].
17. Smolyar, V. I. (2000). *Fiziologhiya i hihiyena kharchuvannya* [Physiology and hygiene of food]. Kyiv: Health. [in Ukrainian].

REFERENCES:

1. Gubanya, V. O. (2018). *Tekhnologhiya khlibobulochnykh vyrobiv antyanemichnoho pryznachennya dlya zakladiv restorannoho hospodarstva*. [Technology of anti-anemic bakery products for restaurants]. Abstract dis. Cand. tech. science; 05.18.16 – food technology. products. Kyiv.: NUHT, 20 p. [in Ukrainian].
2. Liubych, V., Novikov, V., Polianetska, I., Usyk, S., Petrenko, V., Khomenko, S., ... & Moskalets, T. (2019). Improvement of the process of hydrothermal treatment and peeling of spelt wheat grain during cereal production. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 3 (11), 40-51
3. Silchuk, T., Nazar, M., Golikova, T. (2016) Research on technological properties of potato cellulose for bread production. *Journal of Faculty of Food Engineering*, XV (4), 299–305.
4. Silchuk, T. A. (2008). *Khlib z zhytn'oho boroshna znyzhenoyi yakosti* [Bread from rye flour of low quality]. Scientific works of the National University of Food Technologies, 25, 81–83. [in Ukrainian].
5. Hospodarenko, G. M., Mashynnyk, O. O (2011). *Vplyv pozakorenevykh pidzhyvlen' mikrodobryvamy na produktyvnist' yachmenyu yaroho na chornozemi opidzolenomu Pravoberezhnoho Lisostepu* [Influence of foliar fertilization with microfertilizers on the productivity of spring barley on chernozem podzolic of the Right Bank Forest-Steppe]. *Coll. Science. Vinnytsia NAU Ave. Series: Agricultural Sciences*, 9 (49), 3–10. [in Ukrainian].
6. Levitanov, S. (2006). *Kapriznyy zlak*. [Capricious cereal]. *New agriculture*, 2, 46–50. [in Russian].
7. Vlasyuk, P. A. (1965). *Fiziologicheskiye funktsii mikroelementov i ikh topografiya v zhivykh organizmakh* [Physiological functions of trace elements and their topography in living organisms]. The use of trace elements in agriculture. Kyiv: Naukova Dumka. 18-32. [in Russian]
8. Осокіна Н.М., Черно О.Д., Стародуб В.О. **Вміст мікроелементів в зерні пшениці озимої залежно від удобрення в Правобережному Лісостепу**
Мета. Виявити зміну вмісту мікроелементів в зерні пшениці м'якої озимої за різних доз і систем удобрення та позакореневого підживлення хелатними добривом в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Вміст мікроелементів в зерні визначали методом атомно-абсорбційної спектрометрії за ГОСТ 30178–96 в лабораторії TerraLab. В досліді використовували: хелатне добриво Наніт, аміачну селітру, 34 %, суперфосфат гранульований, 20,5 % та калій хлористий, 60 %, а також гній великої рогатої худоби. **Результати.** У роботі нау-

ково-обгрунтовано та встановлено, що вміст мікроелементів у зерні пшениці озимої закономірно змінюється залежно від систем удобрення та позакореневого підживлення. Виявлено, що за всіх систем удобрення, порівняно з контрольним варіантом, знижується у зерні вміст цинку та міді, а за $N_{45}P_{45}K_{45}$ кобальту та молібдену. Проте за органо-мінеральної системи 9 т/гною + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$ – у зерні найбільший вміст заліза, цинку, міді. За мінеральної системи удобрення $N_{90}P_{90}K_{90}$ – зерно містить більше мангану та бору, а за $N_{45}P_{45}K_{45}$ – в зерні високий вміст кобальту та молібдену. Після позакореневого підживлення пшениці озимої, незалежно від систем удобрення, вміст усіх мікроелементів у зерні підвищується на: 5–12 % – цинку, мангану, бору, 20–33 % – заліза, молібдену, майже вдвічі – міді і кобальту. Причому за органо-мінеральної системи у зерні збільшується вміст заліза, цинку, міді, бору. За мінеральної системи удобрення ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – у зерні вищий рівень мангану і високий – бору, а за мінеральної системи ($N_{45}P_{45}K_{45}$) зерно відрізняється підвищеним вмістом молібдену і кобальту і тільки дещо поступається високому вмісту заліза за органо-мінеральної системи. Для прогнозованого та ефективного збагачення мінерального складу зерна пшениці озимої кращою була органо-мінеральна система удобрення разом з позакореневим підживленням хелатним добривом Наніт.

Ключові слова: пшениця озима, мінеральні добрива, органічні добрива, хелатне добриво, хімічні елементи.

Osokina N.M., Chernov O.D., Starodub V.O. Content of microelements in winter wheat grain dependent from fertilization in the Right Bank Forest Steppe

Purpose. To detect changes in the content of microelements in the grain of soft winter wheat at different doses and systems of fertilizers and foliar fertilization with

chelate fertilizers in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The content of microelements in grain was determined by atomic absorption spectrometry according to GOST 30178-96 in the TerraLab laboratory. The experiment used: Nanit chelate fertilizer, ammonium nitrate, 34 %, granular superphosphate, 20,5 % and potassium chloride, 60 %, as well as cattle manure.

Results. The paper scientifically substantiates and establishes that the content of microelements in the grain of winter wheat naturally changes depending on the systems of fertilizers and foliar feeding. It was found that for all fertilizer systems, compared to the control variant, the content of zinc and copper in the grain decreases, and for $N_{45}P_{45}K_{45}$ cobalt and molybdenum. However, with the organo-mineral system 9 t/manure + $N_{45}P_{67,5}K_{36}$ – the grain has the highest content of iron, zinc, copper. According to the mineral fertilizer system $N_{90}P_{90}K_{90}$ – the grain contains more manganese and boron, and according to $N_{45}P_{45}K_{45}$ – the grain has a high content of cobalt and molybdenum. After foliar feeding of winter wheat, regardless of fertilizer systems, the content of all trace elements in the grain increases by: 5–12 % – zinc, manganese, boron, 20–33 % – iron, molybdenum, almost twice – copper and cobalt. Moreover, the organo-mineral system in the grain increases the content of iron, zinc, copper, boron. In the mineral fertilizer system ($N_{90}P_{90}K_{90}$) – the grain has a higher level of manganese and high – boron, and in the mineral system ($N_{45}P_{45}K_{45}$) the grain has a high content of molybdenum and cobalt and only slightly inferior to high iron content in the organo-mineral system. For the predicted and effective enrichment of the mineral composition of winter wheat grain, the organo-mineral fertilizer system together with foliar fertilization with chelating fertilizer Nanit was the best.

Key words: winter wheat, mineral fertilizers, organic fertilizers, negligent fertilizer, chemical elements.