

МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД СОЧЕВИЦІ ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ**МУСІЄНКО Л.А.** – доктор філософії*orcid.org/0000-0002-2982-9475*

Уманський національний університет

ГОСПОДАРЕНКО Г.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор*orcid.org/0000-0002-6495-2647*

Уманський національний університет

РАССАДІНА І.Ю. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент*orcid.org/0000-0002-6680-6803*

Уманський національний університет

СТАСІНЄВИЧ О.Ю. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент*orcid.org/0009-0006-6192-5295*

Уманський національний університет

САДОВСЬКИЙ І.С. – викладач*orcid.org/0000-0003-3914-2834*

Уманський національний університет

Постановка проблеми. Сочевиця належить до цінних зернобобових культур з високим вмістом білка, макро- та мікроелементів, завдяки чому забезпечує продовольчу безпеку збалансованим харчуванням населення. У сучасних умовах інтенсифікації ведення сільськогосподарства особливої актуальності набуває не лише питання підвищення врожайності, а й її якості, зокрема і вмісту мікроелементів.

Мікроелементи є незамінними складовими, які впливають на фізіолого-біохімічні процеси у рослинах і поряд з макроелементами визначають харчову цінність зерна. Їх вміст значно залежить від системи удобрення, властивостей ґрунту та умов вирощування. Так, нераціональне застосування добрив може спричинити як дефіцит, так і надлишок окремих елементів, що негативно впливає на якісні показники отриманої продукції, а також на екологічний стан агроєкосистем.

Незважаючи на значну кількість досліджень мінерального живлення рослин, питання формування мікроелементного складу сочевиці залежно від систем удобрення залишається недостатньо вивченим, особливо в умовах ґрунтово-кліматичних зон України. Відсутність чітко обґрунтованих рекомендацій щодо оптимізації удобрення з урахуванням не лише продуктивності, а і якості насіння сочевиці обумовлює необхідність проведення подальших досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Важливе місце в системі удобрення зернобобових культур належить мікродобривам, зокрема тим, що містить молібден, кобальт, залізо, манган, цинк. Вони підвищують стійкість рослин до хвороб, посухи, екстремальних температур, посилюють азотфіксацію з повітря, поліпшують синтез хлорофілу, активізують процес фотосинтезу. Потреба бобових у мікродобривах зростає на тлі підвищених доз макродобрив [1, 3].

Мікроелементи життєво важливі для рослин і чинять пряму дію на організм. Їх специфічний біохімічний

вплив не можна замінити іншими речовинами. Без них рослина не може ні рости, ні завершити деякі метаболічні цикли. Нестача мікроелементів обов'язково має бути компенсована. Лише тоді можна отримати якісну продукцію, яка відповідає оптимальному вмісту для певного сорту чи гібриду цукрів, амінокислот, вітамінів [2, 9, 14].

Мікроелементи впливають на стійкість до несприятливих умов, а також на важливі фізіологічні процеси рослин: ріст, розвиток, розмноження та ін. Використовуючи мікроелементи як добрива, треба дотримуватись певного співвідношення між ними, а також враховувати, що їх вплив на рослини виявляється лише за умови повного забезпечення рослин макроелементами [7, 8, 15].

Мета дослідження. Встановити залежність мікроелементного складу насіння та соломи сочевиці залежно від удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України.

Методика досліджень. Дослідження проводили на дослідному полі Уманського національного університету садівництва, розміщеному в Середньобузькому окрузі Лісостепової Правобережної провінції України. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Згідно ДСТУ 4362:2004 у шарі 0–20 см він має підвищений вміст гумусу та рухомих сполук фосфору й калію, низький вміст азоту лужногідролізованих сполук і рухомих сполук сірки. Реакція ґрунтового розчину слабокисла.

Схема досліду наведена в табл. 1. У досліді вирощували сорт сочевиці Антоніна після пшениці озимої. Повторність досліду триразова. Площа дослідної ділянки 36 м², облікової – 25 м². Технологія вирощування сочевиці, за виключенням складових, що вивчалися в досліді, відповідає рекомендаціям для Лісостепової зони України.

Фосфорні, калійні та молібденові добрива вносилися восени у вигляді суперфосфату гранульованого,



калію хлористого та молібдату амонію; азотні навесні, під передпосівну культивування у вигляді аміачної селітри і сульфат амонію. Інокуляцію насіння бульбочковими бактеріями проводили за дві години до сівби.

Вміст мікроелементів визначався методом атомно-абсорбційної спектрометрії (ГОСТ 30178–96).

Результати досліджень. Надходження елементів–біофілів в організми людини і тварин залежить від вмісту їх у ґрунті та ефективності функціонування біологічних бар'єрів. Корені рослин є основним накопичувачем важких металів, який затримує їх проникнення в стебло. Стебло містить менше важких металів і обмежує їх надходження в зерно [6]. Тому вміст хімічних елементів в органах рослин дозволяє встановити надлишок або їх нестачу в живленні рослин [2]. На основі такої інформації можна проводити біохімічне районування території і прогнозувати природно-осередкове й можливі ендемічні захворювання тварин і людини [6].

Між вмістом хімічних елементів у рослинах і ґрунті (особливо їх рухомих форм) існує додатний кореляційний зв'язок, тобто рослини реагують на геохімічне середовище [11]. У свою чергу рослинний організм характеризується стабільністю та впорядкованістю, що важливою спадковою ознакою [12].

З погляду оптимізації мінерального живлення рослин, важливе метаболічне значення має відношення між елементами живлення. Проте трактування таких відношень ускладнене, тому що нестача одного з них викликає надлишок іншого і навпаки. Зазвичай важко визначити чи один з елементів у надлишку, чи іншого нестача. Тому необхідно аналізувати їх вміст у рослині [1, 13, 14].

Насіння бобових культур може містити мікроелементи у досить широких межах. Найбільше воно містить заліза, мангану, цинку [1, 10]. Встановлено, що за вмістом у насінні сочевиці мікроелементи можна розмістити у такій послідовності: Zn > Fe > Mn > Cu > B > Mo > Co (табл. 1), тоді як у соломі – Fe > Mn > Zn > Cu > B > Co > Mo (табл. 2).

З даних табл. 1 і 2 видно, що зміни вмісту мікроелементів під впливом удобрення більше проходять у соломі, ніж у зерні. Це пояснюється тим, що стебла і листки після кореневої системи є біологічним бар'єром, який запобігає надлишковому надходженню мікроелементів у насіння [6]. Крім того, хімічний склад насіння контролюється генетично [12].

За низької доступності елементів живлення з ґрунту запаси їх у насінні мають велике значення для росту й розвитку рослин [1, 5]. Так, наприклад вміст молібдену в насінні, а не у вегетативних органах, є більш інформативним показником. Вважається [5], що висока ефективність молібденових добрив забезпечується за вмісту молібдену в насінні сої менше за 2,5 мг/кг сухої речовини, а за показника більше за 5 мг/кг немає необхідності застосовувати його для удобрення.

Необхідно зазначити, що в соломі сочевиці порівняно з насінням міститься більше заліза, мангану, міді, бору та кобальту.

З даних табл. 1 видно, що з поліпшенням азотного живлення рослин завдяки внесенню азотних добрив і проведенню інокуляції бульбочковими бактеріями у насінні більше накопичується мангану, цинку й молібдену тоді, як з поліпшенням фосфорного живлення – знижується вміст заліза міді й цинку. Підвищення рівня

Таблиця 1

Вміст мікроелементів у насінні сочевиці залежно від інокуляції та особливостей удобрення (2024–2025 рр.), мг/кг сухої речовини

Варіант досліджу	Мікроелемент						
	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Co
Без добрив (контроль)	<u>45.3</u> 42,1	<u>11.8</u> 11,2	<u>40.1</u> 39,2	<u>10.35</u> 9,54	<u>5.12</u> 4,77	<u>0.16</u> 0,14	<u>0.003</u> 0,003
P ₃₀ K ₄₀ – фон	<u>45.5</u> 43,3	<u>11.9</u> 11,1	<u>41.3</u> 40,1	<u>10.24</u> 9,31	<u>5.11</u> 4,92	<u>0.15</u> 0,14	<u>0.003</u> 0,003
K ₄₀ + N ₆₀	<u>45.5</u> 41,2	<u>12.3</u> 11,4	<u>45.3</u> 43,3	<u>10.22</u> 9,10	<u>5.20</u> 5,16	<u>0.21</u> 0,20	<u>HMB</u>
P ₃₀ + N ₆₀	<u>42.1</u> 40,3	<u>13.3</u> 12,4	<u>45.3</u> 41,2	<u>9.64</u> 9,03	<u>5.36</u> 5,13	<u>0.31</u> 0,27	<u>HMB</u>
Фон + N ₃₀	<u>45.2</u> 43,4	<u>12.4</u> 11,7	<u>44.2</u> 40,7	<u>9.42</u> 9,34	<u>5.25</u> 4,93	<u>0.22</u> 0,20	<u>0.004</u> 0,003
Фон + N ₃₀ S ₃₄	<u>45.7</u> 40,5	<u>12.1</u> 11,5	<u>45.4</u> 42,1	<u>9.93</u> 9,23	<u>5.18</u> 4,78	<u>0.23</u> 0,22	<u>0.006</u> 0,005
Фон + N ₆₀	<u>42.0</u> 40,7	<u>12.1</u> 11,5	<u>45.3</u> 42,5	<u>8.80</u> 8,76	<u>5.33</u> 4,95	<u>0.21</u> 0,19	<u>0.005</u> 0,004
Фон + N ₃₀ + Mo	<u>45.2</u> 43,1	<u>12.3</u> 11,2	<u>42.9</u> 40,3	<u>9.92</u> 9,64	<u>5.28</u> 5,07	<u>4.18</u> 3,90	<u>0.016</u> 0,015
Фон + N ₃₀ S ₃₄ + Mo	<u>43.7</u> 40,9	<u>12.5</u> 11,2	<u>45.1</u> 42,6	<u>9.73</u> 9,44	<u>5.26</u> 4,95	<u>4.19</u> 3,88	<u>0.016</u> 0,014
Фон + N ₆₀ + Mo	<u>42.1</u> 40,6	<u>12.0</u> 11,2	<u>46.2</u> 42,3	<u>9.88</u> 9,60	<u>5.29</u> 4,95	<u>4.25</u> 4,00	<u>0.017</u> 0,015

Примітка 1. Над рискою – без інокуляції насіння, під рискою – з інокуляцією; 2. HMB – нижче межі визначення.

Таблиця 2.

Вміст мікроелементів у соломі сочевиці залежно від інокуляції та особливостей удобрення (2024–2024 рр.), мг/кг сухої речовини

Варіант досліджу	Мікроелемент						
	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Co
Без добрив (контроль)	<u>144,5</u>	<u>30,1</u>	<u>23,2</u>	<u>18,8</u>	<u>17,5</u>	HMB	<u>0,056</u>
	142,0	29,2	23,0	18,3	16,8		0,048
P ₃₀ K ₄₀ – фон	<u>92,9</u>	<u>28,2</u>	<u>20,3</u>	<u>18,4</u>	<u>17,3</u>	HMB	<u>0,049</u>
	91,2	26,3	20,1	18,1	16,8		0,042
K ₄₀ + N ₆₀	<u>134,8</u>	<u>19,3</u>	<u>23,7</u>	<u>16,2</u>	<u>15,4</u>	HMB	<u>0,035</u>
	135,0	19,5	23,1	16,0	15,1		0,030
P ₃₀ + N ₆₀	<u>111,9</u>	<u>34,2</u>	<u>23,3</u>	<u>14,2</u>	<u>14,3</u>	HMB	<u>0,019</u>
	106,4	32,5	23,0	13,7	14,0		0,018
Фон + N ₃₀	<u>127,2</u>	<u>32,3</u>	<u>23,1</u>	<u>13,3</u>	<u>15,3</u>	HMB	<u>0,036</u>
	127,3	31,5	22,6	13,0	15,1		0,031
Фон + N ₃₀ S ₃₄	<u>126,2</u>	<u>31,2</u>	<u>23,1</u>	<u>13,0</u>	<u>15,0</u>	HMB	<u>0,035</u>
	125,1	31,1	22,5	12,8	14,8		0,028
Фон + N ₆₀	<u>122,8</u>	<u>31,3</u>	<u>23,0</u>	<u>13,1</u>	<u>20,1</u>	HMB	<u>0,016</u>
	121,9	31,0	22,8	13,0	19,9		0,014
Фон + N ₃₀ + Mo	<u>125,7</u>	<u>32,5</u>	<u>22,5</u>	<u>13,1</u>	<u>17,5</u>	<u>1,99</u>	<u>0,033</u>
	124,1	31,6	22,1	12,9	17,3	1,94	0,027
Фон + N ₃₀ S ₃₄ + Mo	<u>125,1</u>	<u>32,3</u>	<u>23,2</u>	<u>13,3</u>	<u>18,4</u>	<u>1,97</u>	<u>0,028</u>
	124,2	31,2	22,5	13,0	18,0	1,88	0,025
Фон + N ₆₀ + Mo	<u>117,9</u>	<u>32,8</u>	<u>23,7</u>	<u>13,2</u>	<u>19,4</u>	<u>1,87</u>	<u>0,013</u>
	116,1	31,3	23,2	12,6	19,4	1,71	0,011

Примітка 1. Над рискою – без інокуляції насіння, під рискою – з інокуляцією; 2. HMB – нижче межі визначення.

калійного живлення зменшує вміст у насінні й соломі сочевиці заліза, мангану, бору та молібдену.

Дослідженнями встановлено, що вміст заліза в насінні сочевиці був 40,3–45,7 мг/кг сухої речовини залежно від варіанту досліджу. Зміни були незначні, що можна пояснити генетичними законами стабільності рослинного організму та біологічним розбавлення у зв'язку з підвищенням урожайності біомаси. Такий вміст мікроелементів знаходиться в межах нормального вмісту в насінні зернобобових культур (29–100 мг/кг) [6] і фонового вмісту в зерні та зернофуражі (40–80 мг/кг) [4]. Цей вміст заліза також нижчий ГДК (50 мг/кг) для зерна [12]. Слід також зазначити, що рослини сочевиці в досліді не відчували у живленні нестачі заліза, яка на чорноземах проявляється за вмісту менше за 30 мг/кг сухої речовини [6].

Вміст мангану в насінні бобових культур може бути 10–65 мг/кг сухої речовини [6], а його нестача проявляється за вмісту 2–22 мг/кг, у ґрунтах Молдови – менше за 12 мг/кг. У проведеному досліді насіння сочевиці містило 11,1–13,3 мг/кг мангану, тому рослини можуть реагувати на застосування манганових добрив.

Фоновий вміст цинку в зерні та зернофуражі 5–25 мг/кг сухої речовини [7, 15], а нормальний вміст у насінні бобових знаходиться в межах 10–60 мг/кг [6]. У проведеному досліді вміст цинку в насінні сочевиці був 39,2–46,2 мг/кг сухої речовини і знижувався з підвищенням його врожайності, що можна пояснити біологічним розбавленням [3]. За узагальненими даними це більше порогової концентрації нестачі у бобових культур (15–25 мг/кг) [6] і ГДК для хлібопродуктів і зерна (25 мг/кг) [12]. За даними В. П. Кирилюка [6]

на чорноземах Молдови можливе проявлення нестачі у живленні бобових рослин цинку за його вмісту в насінні менше за 10 мг/кг сухої речовини. Отже, на чорноземі опідзоленому сочевиця достатньо забезпечена цинком.

Вміст міді в насінні сочевиці в досліді був у межах 8,76–10,35 мг/кг сухої речовини, що є оптимальним (1–15 мг/кг) для зернобобових культур [6] і менше ГДК (15 мг/кг) для хлібопродуктів і зерна [12].

Насіння сочевиці в досліді містило 4,77–5,36 мг/кг сухої речовини бору, що за узагальненими даними В. П. Кирилюка (2006) менше порогової концентрації його нестачі для бобових культур – 6 мг/кг. Вважається [6], що нормальний вміст бору в насінні бобових культур 10–20 мг/кг сухої речовини.

Вміст молібдену в насінні сочевиці з ділянок без добрив був 0,14–0,16 мг/кг сухої речовини. Застосування азотних і фосфорних добрив підвищувало його вміст до 0,31 мг/кг залежно від варіанту досліджу. З покращенням мінерального живлення сочевиці вміст молібдену в насінні знижується, що пояснюється біологічним розбавленням. За узагальненими даними [6] на чорноземах Молдови у бобових культур можливе проявлення нестачі молібдену за його вмісту менше за 0,3 мг/кг сухої речовини.

Застосування молібдату амонію сприяло підвищенню його вмісту в насінні сочевиці до 3,88–4,25 мг/кг сухої речовини залежно від варіанту досліджу, що є оптимальним (0,1–5 мг/кг) для бобових культур [6].

У варіантах досліджу без застосування молібдату амонію вміст молібдену в соломі сочевиці був нижче межі визначення. Це свідчить про те, що вона використала весь наявний у рослинному організмі молібден

для накопичення в насінні і свідчить про дефіцит цього мікроелементу в живленні рослин.

За узагальненими даними [6] нормальний вміст кобальту в насінні бобових культур 0,1–0,4 мг/кг сухої речовини. У проведеному досліді вміст кобальту в насінні сочевиці був досить низьким – від найменшої межі визначення приладом до 0,017 мг/кг. Це вказує на можливу високу ефективність застосування кобальтових добрив під сочевицю на чорноземі опідзоленому.

Висновки. Мікроелементний склад сочевиці залежить від системи удобрення та інокуляції насіння, при цьому зміни вмісту елементів більш виражені у соломі, ніж у насінні, що зумовлено біологічними бар'єрами та генетичним контролем складу зерна.

Визначено закономірності розподілу мікроелементів: у насінні вони зменшуються в ряду $Zn > Fe > Mn > Cu > V > Mo > Co$, тоді як у соломі переважають Fe і Mn.

Застосування азотних добрив та інокуляції сприяє підвищенню вмісту Mn, Zn і Mo у насінні, тоді як посилення фосфорного і калійного живлення знижує концентрацію окремих мікроелементів. Виявлено дефіцит В, Мо (без внесення молібденових добрив) і Со, що обґрунтовує доцільність оптимізації мікроелементного живлення сочевиці. Застосування молібдату амонію є ефективним прийомом підвищення вмісту молібдену в насінні до оптимального рівня та усунення його дефіциту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2026. 572 с.
2. Господаренко Г.М. Агрохімія мікроелементів. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2026. 416 с.
3. Господаренко Г. М. Мікроелементи для рослин. *Biolife*. 2016. № 1. С. 16–19.
4. Господаренко Г., Карнаух О., Alexander A. Мікроелементи і добрива в живленні рослин. За заг ред. Г. Господаренка. Кам'янець-Подільський : ТОВ Друкарня «Рута», 2020. 348 с.
5. Гребеннікова Л. Ю., Забара Ю. М. Спеціальні добрива. Київ: ООО «Аграр Медієн Україна», 2016. 250 с.
6. Кирилук В. П. Мікроелементи в компонентах біосфери Молдови. Кишинів: Pontos, 2006. 155 с.
7. Корсун С. Г., Клименко І. І. Екотоксикологічний статус систем удобрення культур зерно-просапної сівозміни. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 212 с.
8. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ: Логос, 2005. 150 с.
9. Недільська У. І. Вплив мікроелементів на життєдіяльність рослин. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: матеріали II Міжнародної наукової інтернет-конференції (м. Тернопіль, 20 листопада 2020 р.). Тернопіль, 2020. С. 124–126.
10. Сауляк О. М. Процеси росту і розвитку сочевиці харчової залежно від норм висіву та удобрення в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 44–48.
11. Dhaliwal S. S., Sharma V., Shukla A. K. (2022). Impact of micronutrients in mitigation of abiotic stresses in soils and plants- A progressive step towards crop security and nutritional quality. *Adv. Agron.* 173, 1-78.
12. Dueck T.A. et al. Heavy metal immission and genetic constitution of plant populations in the vicinity of two metal emission sources. *Angew. Bot.*, 1984. V.58. N 1. P. 47–53.
13. Klikocka H. Influence of NPK fertilization enriched with S, Mg, and micronutrients contained in liquid fertilizer Insol 7 on potato tubers yield [*Solanum tuberosum L.*] and infestation of tubers with *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani*. *Journal of Elementology*. 2016. Vol. 14, № 2. P. 271–288.
14. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Edited by P. Marschner. Amsterdam, Netherlands : Elsevier/Academic Press (2012), pp. 684 p.
15. M. Shahid, A. K. Shukla, P. Bhattacharyya et al. Micronutrients (Fe, Mn, Zn and Cu) balance under long-term application of fertilizer and manure in a tropical rice-rice system. *Journal of Soils and Sediments*. 2016. Vol. 16. No. 3. P. 737-747.

REFERENCES:

1. Hospodarenko H. M. (2026). Ahrokhimiia. [Agrochemistry]. Kyiv: TOV «TROPEA». 572 p. [in Ukrainian].
2. Hospodarenko H. M. (2026). Ahrokhimiia mikroelementiv. [Agrochemistry of trace elements]. Kyiv : TOV «TROPEA». 416 p. [in Ukrainian].
3. Hospodarenko H. M. (2016). Mikroelementy dlia roslyn. [Microelements for plants]. *Biolife*. № 1. P. 16–19. [in Ukrainian].
4. Hospodarenko H., Karnaukh O., Alexander A. (2020). Mikroelementy i dobrovya v zhyvlenni roslyn. [Trace elements and fertilizers in plant nutrition]. Za zah red. H. Hospodarenka. Kamianets-Podilskyi : TOV Drukarnia «Ruta». 348 p. [in Ukrainian].
5. Hrebennikova L. Yu., Zabara Yu. M. (2016). Spetsialni dobrovya. [Special fertilizers]. Kyiv: ООО «Ahrar Mediiien Ukraina». 250 p. [in Ukrainian].
6. Kuryliuk V. P. (2006). Mikroelementy v komponentakh biosfery Moldovy. [Trace elements in the components of the biosphere of Moldova]. Kyshyniv: Pontos. 155 p. [in Ukrainian].
7. Korsun S. H., Klymenko I. I. (2018). Ekotoksykologichnyi status system udobrennia kultur zerno-prosapnoi sivozminy. [Ecotoxicological status of fertilization systems in grain-row crop rotation]. Vinnytsia: TOV «TVORY». 212 p. [in Ukrainian].
8. Kots S. Ya., Peterson N. V. (2005). Mineralni elementy i dobrovya v zhyvlenni roslyn. [Mineral elements and fertilizers in plant nutrition]. Kyiv: Lohos. 150 p. [in Ukrainian].
9. Nedil'ska U. I. (2020). Vplyv mikroelementiv na zhyttiedialnist roslyn. [The effect of micronutrients on plant vital activity]. Suchasnyi stan nauky v silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka: materialy II Mizhnarodnoi naukovoї internet-konferentsii (m. Ternopil, 20 lystopada 2020 r.). Ternopil. P. 124–126. [in Ukrainian].
10. Sauliak O. M. (2016). Protsesy rostu i rozvytku sochevytsi kharchovoi zalezchno vid norm vysivu ta udobrennia v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. [Growth and development processes of food lentil depending on seeding rates and fertilization under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. № 3. P. 44–48. [in Ukrainian].

11. Dhaliwal S. S., Sharma V., Shukla A. K. (2022). Impact of micronutrients in mitigation of abiotic stresses in soils and plants- A progressive step towards crop security and nutritional quality. *Adv. Agron.* 173, 1-78.

12. Dueck T.A. et al. (1984). Heavy metal immission and genetic constitution of plant populations in the vicinity of two metal emission sources. *Angew. Bot.* V.58. N 1. P. 47–53.

13. Klikocka H. (2016). Influence of NPK fertilization enriched with S, Mg, and micronutrients contained in liquid fertilizer Insol 7 on potato tubers yield [*Solanum tuberosum* L.] and infestation of tubers with *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani*. *Journal of Elementology*. Vol. 14, № 2. P. 271–288.

14. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Edited by P. Marschner. Amsterdam, Netherlands : Elsevier/Academic Press (2012), pp. 684 p.

15. M. Shahid, A. K. Shukla, P. Bhattacharyya et al. (2016). Micronutrients (Fe, Mn, Zn and Cu) balance under long-term application of fertilizer and manure in a tropical rice-rice system *Journal of Soils and Sediments*. Vol. 16. No. 3. P. 737-747.

Мусієнко Л.А., Господаренко Г.М., Рассадина І.Ю., Стасієвич О.Ю., Садовський І.С. Мікроелементний склад сочевиці за різного удобрення

У статті наведено дані про накопичення мікроелементів у насінні й соломі сочевиці залежно від удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України.

Встановлено, що солома сочевиці порівняно з насінням міститься більше заліза, мангану, міді, бору та кобальту.

За поліпшеного азотного живлення рослин і проведенню інокуляції бульбочковими бактеріями у насінні сочевиці більше накопичується мангану, цинку й молібдену, тоді як з поліпшенням фосфорного живлення – знижується вміст заліза, міді й цинку. Підвищення рівня калійного живлення зменшує вміст у рослинах сочевиці заліза, мангану, бору та молібдену.

Вміст заліза в насінні сочевиці був 40,3–45,7 мг/кг сухої речовини залежно від варіанту досліду. Зміни були незначні, що можна пояснити генетичними законами стабільності рослинного організму та біологічним розбавлення у зв'язку з підвищенням урожайності біомаси.

У проведеному досліді насіння сочевиці містило мало (11,1–13,3 мг/кг) мангану, тому рослини можуть реагувати на додаткове внесення манганових добрив.

За даними досліджень вміст цинку в насінні сочевиці був 39,2–46,2 мг/кг сухої речовини, що є досить високим показником для бобових. З підвищенням його врожайності він знижувався, що можна пояснити біологічним розбавлення.

Вміст міді в насінні сочевиці був у межах 8,76–10,35 мг/кг сухої речовини, що є оптимальним (1–15 мг/кг) для зернобобових культур.

Вміст молібдену в насінні сочевиці з ділянок без добрив був 0,14–0,16 мг/кг сухої речовини. Застосування азотних і фосфорних добрив підвищувало його до 0,31 мг/кг залежно від варіанту досліду. Застосування

молібдату амонію сприяло підвищенню його вмісту в насінні сочевиці до 3,88–4,25 мг/кг сухої речовини залежно від варіанту досліду.

У проведеному досліді вміст кобальту в насіння сочевиці був досить низьким – від найменшої межі визначення приладом до 0,017 мг/кг. Це вказує на можливу високу ефективність застосування кобальтових добрив під сочевицю.

Ключові слова: манган, цинк, молібден, бор, мідь, кобальт, залізо, насіння, солома, добрива, чорнозем опідзолений.

Musiienko L.A., Hospodarenko H.M., Rassadina I.Yu., Stasinievych O.Yu., Sadovskiy I.S. Micronutrient Composition of Lentils under Different Fertilization Regimes

The article presents data on the accumulation of micronutrients in the seeds and straw of lentils depending on fertilization on podzolized chernozem of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine.

It was established that lentil straw, compared to seeds, contains higher amounts of iron, manganese, copper, boron, and cobalt.

Under improved nitrogen nutrition of plants and inoculation with nodule bacteria, higher accumulation of manganese, zinc, and molybdenum in lentil seeds was observed, whereas improved phosphorus nutrition reduced the content of iron, copper, and zinc. Increased potassium nutrition decreased the content of iron, manganese, boron, and molybdenum in lentil plants.

The iron content in lentil seeds ranged from 40.3 to 45.7 mg/kg of dry matter, depending on the experimental variant. Changes were minor, which can be explained by genetic stability mechanisms of the plant organism and biological dilution associated with increased biomass yield.

In the conducted experiment, lentil seeds contained low levels (11.1–13.3 mg/kg) of manganese, indicating that plants may respond to additional manganese fertilization.

According to research data, the zinc content in lentil seeds was 39.2–46.2 mg/kg of dry matter, which is relatively high for legumes. With increasing yield, its concentration decreased, which can be explained by biological dilution.

The copper content in lentil seeds ranged from 8.76 to 10.35 mg/kg of dry matter, which is optimal (1–15 mg/kg) for grain legumes.

The molybdenum content in lentil seeds from unfertilized plots was 0.14–0.16 mg/kg of dry matter. The application of nitrogen and phosphorus fertilizers increased up to 0.31 mg/kg, depending on the experimental variant. The application of ammonium molybdate contributed to increasing its content in lentil seeds to 3.88–4.25 mg/kg of dry matter, depending on the experimental variant.

In the conducted experiment, the cobalt content in lentil seeds was quite low—from the minimum detectable limit of the instrument to 0.017 mg/kg. This indicates the potential high efficiency of applying cobalt fertilizers to lentils.

Key words: manganese, zinc, molybdenum, boron, copper, cobalt, iron, seeds, straw, fertilizers, podzolized chernozem.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026