
МОНІТОРИНГ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ЗАХІДНОГО ОПІЛЛЯ НА ЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ МІКРОЕЛЕМЕНТАМИ

Гловин Надія, Паньків Наталя
DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-539-6-9>

ВСТУП

Визначення валового хімічного складу ґрунту є одним із ключових аспектів оцінки його стану. Цей показник дозволяє зрозуміти властивості ґрунту, зокрема морфологічні, фізичні та фізико-хімічні характеристики, а також процеси ґрунтоутворення та рівень його родючості. Елементи, що формують склад ґрунту, зазвичай походять із материнських порід, проте під час формування ґрунтового покриву вони зазнають суттєвих змін. Забезпеченість ґрунту мікроелементами визначається їхньою присутністю та формою, доступною для рослин, такими як залізо (Fe), марганець (Mn), цинк (Zn), мідь (Cu), бор (B) та інші. Вони є життєво важливими для рослин навіть у незначних кількостях.

Опілля – це давній термін, що використовувався для позначення відкритих або слабколісистих рівнинних територій з родючими ґрунтами, розташованих у межах лісової зони. Такі ділянки широко застосовувалися для обробітку, переважно під зернові культури, та відзначалися перевагою сірих лісових і темно-сірих опідзолених ґрунтів.

Ґрунт є важливим компонентом природних екосистем, оскільки він визначає рівень родючості, стан рослин і якість урожаю. Вивчення мікроелементного складу ґрунтів є актуальним завданням, адже саме ці елементи відіграють критичну роль у забезпеченні здорового росту рослин. Основною метою дослідження стало вивчення ґрунтів Західного Опілля для визначення їхньої забезпеченості мікроелементами.

Сучасне агровиробництво зіштовхується з численними викликами, серед яких одним із пріоритетів є підтримання родючості ґрунтів та досягнення високих показників урожайності без надмірного використання хімічних добрив. Завданням роботи було визначити концентрацію мікроелементів у ґрунтах Західного Опілля та оцінити їхній вплив на рівень родючості.

Мікроелементи мають велике значення для функціонування живих організмів. Їхній дефіцит не призводить до загибелі рослин, але може уповільнювати біохімічні процеси, спричиняти захворювання та знижувати продуктивність, що суттєво впливає на кількість і якість врожаю. Для стабільного вирощування сільськогосподарських культур разом із макроелементами (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S) важливу роль відіграють мікроелементи: бор (B), марганець (Mn), мідь (Cu), цинк (Zn), залізо (Fe), молібден (Mo), кобальт (Co). Їхня концентрація в ґрунті є низькою (у межах 0,01–0,001% на суху масу), через що вони й отримали назву «мікроелементи».

У ґрунтах ці елементи присутні у формі різноманітних сполук, переважно важкорозчинних, тоді як доступність рослинам забезпечують лише рухомі форми. Наприклад, для міді, цинку, молібдену та кобальту частка доступних форм становить 5–15% від загального вмісту, а для бору – 10–30%¹.

Таким чином, навіть незначний дефіцит мікроелементів може гальмувати ключові біохімічні процеси в рослинах, що в підсумку знижує їхню продуктивність і якість урожаю.

1. Аналіз ґрунтового покриву Західного Опілля на рухомість мікроелементів

Погіршення екологічного стану сільськогосподарських земель і зниження їхньої родючості вимагають переосмислення підходів до вирощування високоякісної продукції. Важливим фактором є забезпечення оптимального рівня мікроелементів у ґрунті, що сприяє повноцінному росту рослин. Як свідчать дослідження, рухомість мікроелементів залежить від кількості органічних речовин і кислотності середовища. Частки, багаті залізом, марганцем та іншими елементами, є ключовими для утримання та доступності мікроелементів у ґрунті. Metали, які чутливі до окислювально-відновних процесів (наприклад, Fe, Mn, Co), суттєво впливають на формування їх доступності.

Чорноземні ґрунти демонструють обмежений рівень забезпечення сільськогосподарських культур рухомими мікроелементами. Лише невелика частка загального обсягу цих елементів є доступною для рослин: для Cu – 0,8–8,8%, Zn – 2%, Co – 8–10%.

ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» проводить систематичний моніторинг стану ґрунтів. Протягом останніх десятиліть було проведено 11 турів агрохімічних обстежень із п'ятирічною періодичністю,

¹ Медведев В.В. Відновлення екологівідтворюючих і продуктивних функцій ґрунтів як найважливіший етап реалізації концепції сталого розвитку України. *Вісник аграрної науки*. 1997. № 9. С. 16–20.

а зараз триває 12-й тур, який завершиться у 2025 році. На основі отриманих даних створено унікальну базу інформації про стан ґрунтів України.

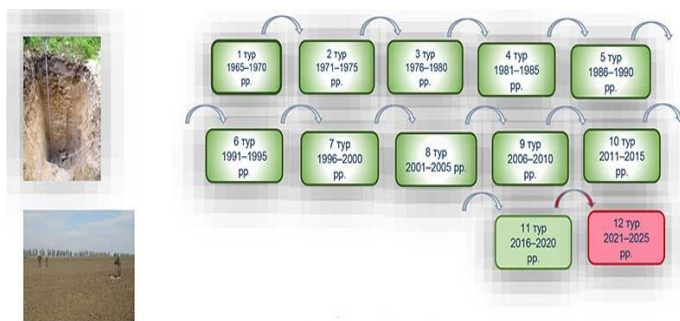


Рис. 1. База даних про стан ґрунтів в Україні

За підсумками 11-го туру обстежень, 24,4% ґрунтів виявилися кислими, 57,2% – нейтральними, а 18,4% – лужними. Середній показник кислотності становить рН 6,2, що відповідає нейтральному середовищу, але спостерігається тенденція до підкислення через зменшення використання меліорантів. Також зменшується вміст гумусу: за останні 30 років він знизився до 3,07%.

68,1% площ характеризуються середнім і підвищеним вмістом фосфору, а 91% ґрунтів мають високий вміст калію. Проте рухомі сполуки сірки зустрічаються лише в 2% обстежених площ, що свідчить про обмежену забезпеченість цим елементом. Марганець, навпаки, демонструє високий рівень забезпеченості: 30,1% площ мають дуже високий вміст, 45,9% – високий і середній рівень, лише 24% – низький. Найвищий вміст марганцю зафіксовано у Поліссі та степових зонах². Ці дані є важливими для планування раціонального використання ґрунтів і покращення їхньої продуктивності.

Ґрунтовий покрив Підгаєччини, відповідно до результатів дослідження, здебільшого представлений темно-сірими опідзоленими ґрунтами та чорноземами. Темно-сірі опідзолені ґрунти є сприятливими для вирощування більшості сільськогосподарських культур і плодово-ягідних насаджень, їхня родючість висока, але все ж поступається чорноземам. Чорноземи вважаються найбільш родючими не лише в межах Підгаєччини, але й у всій Тернопільській області.

² Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України за результатами XI туру (2016–2020 рр.). Київ : ДУ «Держґрунтохорона», 2022.

Екологічні умови ґрунтотворення в межах Опілля мають низку особливостей. Зміни чинників ґрунтотворення впливають на розвиток елементарних ґрунтових процесів, таких як дерновий процес, лесиваж, опідзолення та оглеєння. Ці процеси визначають морфологічні характеристики, склад і властивості сірих лісових ґрунтів Опілля.

Антропогенна діяльність також спричиняє трансформацію ґрунтових процесів, що призводить до появи нових, непритаманних цілинним ґрунтам змін. У культурних ґрунтах ґрунтотворний процес є природно-антропогенним. Територіальні відмінності в умовах ґрунтотворення в Опіллі обумовлюють зміни морфологічних ознак, гранулометричного складу, хімічного складу та гумусового стану ґрунтів. У напрямку з північного заходу на південний схід гранулометричний склад змінюється від піщаного до середньосуглинкового, а кольорова гамма горизонтів стає темнішою.

Тривале сільськогосподарське використання сірих лісових ґрунтів призводить до змін у їхній структурі, фізико-хімічних властивостях і морфологічних ознаках. Це зумовлює зниження вмісту гумусу, ущільнення ґрунтів, зниження їхньої кислотності та трансформацію генетичного профілю.

Сірі лісові ґрунти Опілля є важливим об'єктом вивчення через їхню унікальну генезу, специфіку формування та особливості антропогенної трансформації. Формування цих ґрунтів відбувалося за певних природних умов і під впливом елементарних ґрунтотворних процесів. У наш час науковці активно досліджують еволюцію таких ґрунтів, які зазнали антропогенного впливу. Зокрема, розробляються критерії для їхньої діагностики, класифікації та картографування.

Дослідження агротехногенних змін сірих лісових ґрунтів Сокальського пасма провели М.І. Пшевлотський та В.Г. Гаськевич. Вони виявили, що внаслідок інтенсивного сільськогосподарського використання природний процес ґрунтотворення у цих ґрунтах підсилюється культурним (природноантропогенним) процесом. Це спричиняє зміну інтенсивності й напрямків елементарних ґрунтових процесів, унаслідок чого антропогенні процеси переважають над природними. На території, де поширені сірі лісові ґрунти, активізуються процеси водної ерозії, а також проявляється низка деградаційних явищ.

Г.С. Підвальна у своїх роботах досліджувала гумусовий стан цих ґрунтів на Пасмовому Побужжі та зміни, що відбулися внаслідок їхнього сільськогосподарського використання. Т.С. Ямелинець за допомогою ГІС-технологій здійснив просторовий аналіз деградаційних процесів сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу України.

Сірі лісові ґрунти Опілля представлені ясно-сірими, сірими лісовими та темно-сірими опідзоленими ґрунтами. Ясно-сірі лісові ґрунти займають вершини горбів і верхні частини схилів вододільних плато, тоді як середні й нижні частини схилів вкриті сірими лісовими ґрунтами. Загальна площа досліджуваних сірих лісових ґрунтів становить 1143 км², що складає 23,8% від території Опілля. Значна частина цих ґрунтів (302,1 км²) є еродованою.

Науковці досягли значного прогресу у вивченні генези сірих лісових ґрунтів, яка визначається специфічними поєднаннями елементарних ґрунтових процесів. Ці ґрунти розглядають як окремий тип, властивий зональному ландшафту Лісостепу. Основними ґрунтоутворними процесами для них є гумусонакопичення, біогенна акумуляція зольних речовин, вилугування карбонатів, лесиваж та процес опідзолення.

Для вивчення особливостей цих ґрунтів використовуються порівняльно-географічний, морфолого-генетичний (профільний) і порівняльно-аналітичний методи. Згідно з ідеями В.В. Докучаєва, порівняльно-географічний метод передбачає дослідження ґрунтів у взаємозв'язку з факторами їхнього формування та аналіз змін їхніх властивостей у різних умовах. Цей підхід доповнюється екологічним, що дозволяє оцінити вплив природних і антропогенних факторів на ґрунт і його екологічні функції.

Морфолого-генетичний метод, також розроблений В.В. Докучаєвим, полягає у вивченні ґрунтового профілю, включаючи всі генетичні горизонти, і дозволяє досліджувати зміни в морфології цілих, освоєних та еродованих ґрунтів. Цей метод є ключовим у сучасних дослідженнях, спрямованих на оцінку складу, властивостей і процесів, які безперервно відбуваються в ґрунтах, особливо в умовах інтенсифікації антропогенного впливу³.

Дослідження мікроелементного складу ґрунтів є важливою темою, оскільки мікроелементи відіграють ключову роль у функціонуванні екосистем. Основною метою цього дослідження було здійснення аналізу ґрунтового покриття Підгаєччини щодо забезпеченості мікроелементами. У сучасному аграрному секторі однією з головних проблем залишається підтримка родючості ґрунтів і отримання високих урожаїв із мінімальним використанням хімічних добрив. Тому ключовим завданням роботи стало визначення вмісту мікроелементів у ґрунтах Підгаєччини та їхнього впливу на родючість.

³ Мірошніченко М. М., Фатєєв А.І., Пашенко Я.В. та ін. Розмаїтість мікроелементного складу ґрунтів і рослин та задачі агрогеохімічного районування України. *Вісник аграрної науки*. 2006. Спецвипуск, квітень. С. 71–75.

Для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур недостатньо забезпечити їх лише основними елементами живлення, такими як азот, фосфор, калій, кальцій, магній та сірка. Мікроелементи, хоч і потрібні рослинам у значно менших кількостях, відіграють вирішальну роль у забезпеченні життєвих функцій. Вони активують ферменти, сприяють фотосинтезу, покращують водний баланс і зміцнюють імунітет рослин.

Як вже відзначали, до ключових мікроелементів, які впливають на розвиток культур, відносять залізо (Fe), мідь (Cu), марганець (Mn), молібден (Mo), цинк (Zn), бор (B) тощо. Від їхньої доступності залежить інтенсивність обмінних процесів, формування врожаю, стійкість до хвороб та погодних стресів. Вплив мікроелементів на біологічні процеси в рослині наведено у рис. нижче.

	<i>Процеси, у яких приймає участь</i>
N	1. утворення обмежених речовин; 2. ріст вегетативної маси; 3. вплив на загальну врожайність
P	1. елемент енергетичного забезпечення; 2. ріст кореневої системи; 3. підвищення зимостійкості
K	1. підтримання водного балансу; 2. утворення та транспорт цукрів; 3. підвищення стійкості до хвороб та стресів
Mg	1. фотосинтез і утворення хлорофілу; 2. вплив на окисно-відновлювальні процеси; 3. активація ферментативних процесів
Ca	1. ріст та розвиток кореневої системи; 2. обмін речовин, активація ферментів; 3. зміцнення клітинних стінок
S	1. азотний та білковий обмін; 2. є складовою амінокислот та вітамінів; 3. вплив на окисно-відновлювальні процеси
Fe	1. фотосинтез; 2. дихання; 3. білковий обмін та біосинтез ростових речовин
Mn	1. фотосинтез; 2. дихання; 3. вуглеводний та білковий обмін
Zn	1. білковий, ліпідний, вуглеводний, фосфорний обмін; 2. біосинтез вітамінів та ростових речовин
Cu	1. дихання; 2. фотосинтез; 3. підвищення засухо-, морозо- та жаростійкості
B	1. запилення та запліднення; 2. вуглеводний та білковий обмін; 3. підвищення стійкості хвороб
Mo	1. азотний, вуглеводний та фосфорний обмін; 2. синтез хлорофілу та вітамінів; 3. фіксація азоту повітря

Рис. 2 Мікроелементи у живленні рослин

Дефіцит мікроелементів є бар'єром для ефективного використання основних добрив. Навіть за оптимального внесення макроелементів, таких як азот, фосфор і калій, рослини не здатні повністю використовувати їх без мікроелементів. Наприклад, нестача заліза порушує процес фотосинтезу, що уповільнює ріст і знижує врожайність. Аналогічно, брак цинку може призводити до гальмування синтезу гормонів росту, таких як ауксини, що впливають на подовження клітин і формування органів рослин.

Нові високопродуктивні сорти вимагають інтенсивного живлення. Інтенсивна селекція привела до створення сортів з прискореним метаболізмом. Такі рослини здатні формувати вищу врожайність, але для цього їм потрібне безперебійне забезпечення всіма необхідними елементами живлення, зокрема мікроелементами. Наприклад, сучасні гібриди соняшника та кукурудзи потребують більше бору та цинку, ніж традиційні сорти. Без цього вони можуть стати більш вразливими до хвороб, посух та інших стресових факторів.

Властивості ґрунту впливають на доступність мікроелементів. Доступність мікроелементів для рослин залежить від багатьох факторів, таких як кислотність ґрунту, вміст органічної речовини, структура ґрунту та рівень зволоження. Наприклад, на кислих ґрунтах часто спостерігається дефіцит молібдену, який необхідний для фіксації азоту бобовими культурами. На лужних ґрунтах обмежено доступний бор, що негативно впливає на розвиток репродуктивних органів рослин.

Гумус і мікроелементи мають прямий взаємозв'язок. Високий рівень гумусу сприяє утриманню мікроелементів у рухомій формі, що робить їх доступними для рослин. Органічна речовина також утримує важливі катіони, такі як залізо та марганець, у верхніх шарах ґрунту. Ґрунти з низьким вмістом гумусу, наприклад піщані або деградовані, значно обмежують можливості рослин отримати необхідні мікроелементи.

Дефіцит мікроелементів спостерігається на більшості ґрунтів України. На території України ґрунти часто мають різні рівні дефіциту мікроелементів. Чорноземи, хоча й багаті на основні елементи, часто відчувають нестачу бору та цинку. На піщаних та дерново-підзолистих ґрунтах переважає дефіцит марганцю, молібдену та заліза.

Рослини засвоюють лише рухомі форми мікроелементів. Для ефективного живлення мікроелементи повинні перебувати у водорозчинній або хелатній формі. Це дозволяє рослинам легко засвоювати їх через кореневу систему або листя. Саме тому такі методи, як обробка насіння перед посівом або позакореневе підживлення, стають найбільш ефективними в сучасному землеробстві. Мікроелементи не можуть замінювати один одного. Кожен мікроелемент виконує специфічні

функції, які не можуть бути замінені іншими елементами. Наприклад, марганець бере участь у процесі фотосинтезу та активації ферментів, тоді як бор необхідний для поділу клітин і транспорту вуглеводів. Відсутність одного з них призводить до збоїв у важливих біохімічних процесах.

Позакореневе підживлення є одним із найефективніших методів застосування мікроелементів. Цей метод дозволяє доставляти елементи безпосередньо до листя, що особливо важливо під час критичних фаз розвитку рослини або за умов дефіциту мікроелементів у ґрунті. Крім того, обробка насіння перед посівом дає рослинам стартову перевагу, сприяючи кращому проростанню та формуванню кореневої системи.

Дефіцит мікроелементів може проявлятися на різних стадіях розвитку. Наприклад, нестача бору найбільш відчутна під час цвітіння, коли він впливає на утворення зав'язей. Дефіцит цинку гальмує ріст молодих пагонів і коренів на ранніх етапах розвитку. Розуміння потреб рослин у мікроелементах на кожній фазі їх розвитку дозволяє вчасно коригувати підживлення.

Мікроелементи зміцнюють кореневу систему. Адекватне забезпечення мікроелементами сприяє формуванню вторинної кореневої системи, яка дозволяє рослинам ефективніше поглинати воду та поживні речовини навіть за несприятливих умов, таких як посуха чи ущільнення ґрунту.

Мікроелементи прискорюють цвітіння та покращують запліднення. Завдяки мікроелементам, таким як бор та цинк, покращуються процеси утворення пилку, запилення та розвитку репродуктивних органів. Це безпосередньо впливає на формування якісного врожаю та підвищення його кількісних показників⁴.

Таким чином, мікроелементи є ключовими складовими системи живлення рослин. Їхній дефіцит призводить до порушень у фізіологічних процесах, зниження врожайності та якості продукції. Комплексний підхід до мікроелементного живлення, з урахуванням потреб кожної культури та особливостей ґрунту, дозволяє забезпечити високий рівень врожайності та стійкість рослин до стресів.

Сучасне землеробство неможливе без розуміння ролі мікроелементів, адже вони є основою сталого розвитку аграрної галузі. Іноді невелике, на перший погляд, відхилення від норми може призвести до серйозних наслідків. Прикладом цього є фізіологічні порушення в рослинному організмі, що виникли через незначний надлишок чи дефіцит елементів живлення. Так, наприклад надмірне надходження деяких елементів може призвести до надзвичайно бурхливого росту

⁴ Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України. Під ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера. К., 1994. 163 с.

вегетативних, надземних органів на шкоду репродуктивним (корене-плоди або бульби картоплі). А недостатня кількість поживних речовин взагалі або окремих елементів, що складають мінеральне живлення, зазвичай, різко позначається не лише на стані самої рослини, а й є причиною розвитку як неінфекційних (фізіологічних), так і інфекційних хвороб та шкідників. Ослаблена рослина не здатна протистояти вторгненню патогенів, перепаду температур. Фізіологічні та біохімічні зміни, що виникають внаслідок незбалансованого живлення рослин проявляються у порушеннях водного режиму, фотосинтезу, дихання, діяльності ферментів, вуглеводного і білкового обміну.

Дефіцит елементів живлення проявляється у вигляді характерних симптомів. Ознаки можуть бути як досить чіткими, специфічними, так і нехарактерними. Візуально це виражається не лише в прояві характерних для певного виду голодування симптомів – некрозів на листках, зміні забарвлення певних органів, або їх частин, але й зміні загального вигляду рослини (недорозвиненість, карликовість тощо)⁵.

Симптом	Елемент живлення										
	N	P	K	Mg	Fe	Cu	Zn	B	Mo	Mn	
Пожовтіння молодих листків											
Пожовтіння середніх листків											
Пожовтіння старих листків											
Пожовтіння між прожилками											
Опадання старого листа											
Листя загортаються вгору											
Листя загортаються вниз											
Згорають краї молодих листків											
Згорають краї старих листків											
Молоде листя м'яте											
Омертвіння											
Кволе листя											
Темно-зелені / фіолетові листки											
Блідно-зелене листя											
П'ятна											
Витягування											
М'які стебла											
Жорсткі, крихкі стебла											
Відмирають ростки											
Кволий ріст коріння											

Рис. 3. Схема ознак дефіциту кожного з цих елементів живлення

⁵ [https://pni.com.ua/дефіцит елементів живлення](https://pni.com.ua/дефіцит_елементів_живлення)

2. Вивчення екологічного фактору як зв'язок між стійкістю рослин до стресів та елементами живлення при вирощуванні сільськогосподарських культур

Погіршення останнім часом екологічного стану земель сільськогосподарського призначення, тенденція до зниження родючості ґрунтів, отримання рослинницької продукції переважно низького класу якості зумовлює перегляд пріоритетів у формуванні врожаїв із нормативними показниками їх екологічної цінності. За таких умов визначальним фактором, що забезпечує отримання екологічно повноцінних врожаїв сільськогосподарської продукції, є оптимальна кількість мікроелементів в орному шарі ґрунту, потенційна доступність їх кореневій системі вирощуваних культур.

Як показує аналіз, на рухомість мікроелементів, велике значення має вміст органічних речовин та реакція ґрунтового середовища. В останні десятиліття, у зв'язку з інтенсифікацією антропогенного пресингу на ґрунт, все більшого значення набуває дослідження складу, властивостей ґрунтів, процесів, які безперервно відбуваються в них, їхньої кількісної і якісної оцінки. Основним для кількісної характеристики складу, процесів, властивостей ґрунтів є порівняльно-аналітичний метод. Його суть полягає у порівнянні речовинного складу та мінеральних властивостей твердої фази генетичних горизонтів з одного боку, і материнської породи – з іншого. Мікроелементи у живленні рослин відіграють не менш важливу роль, аніж усе вище зазначене. Основне значення мікроелементів, а до них відносять залізо, молібден, мідь, марганець, цинк та бор, підвищення активності ферментів. Ферменти – біологічні каталізатори, які прискорюють хімічні процеси в організмі, що підвищує загальний тонус рослини, та позитивно впливає на динаміку росту та розвитку. Мікроелементи у живленні рослин дозволяють більш повноцінно використовувати воду, світло та первинні елементи живлення (азот, фосфор, калій), що у свою чергу призводить до підвищення кількісних та якісних характеристик врожаю. Мікроелементи та їх ферменти сприяють кращому відновленню тканин, та відчутно зменшують ризик ураження рослин хворобами. Ще один вагомий фактор користі мікроелементів дещо впливає з попереднього – вони підвищують загальний імунітет рослини, не допускають виникнення стресових або депресивних ситуацій, що є вісниками захворювань. Вплив мікроелементів на біологічні процеси в рослині має такеж значення як і кліматичні умови чи екологічні фактори⁶.

⁶ Alloway B.J. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry and Health*. 2009. V. 31. Is. 5. P. 537–548. doi: 10.1007/s10653-009-9255-4

Варто провести детальний аналіз наслідків дефіциту та надлишку елементів живлення та рекомендації для їх усунення.

Магній є незамінним елементом для життєдіяльності рослин. Він входить до складу молекули хлорофілу, завдяки чому рослини здатні здійснювати фотосинтез. Дефіцит магнію насамперед впливає на роботу фотосинтетичного апарату: листки жовтіють між жилками, утворюється характерний хлороз, тоді як самі жилки залишаються зеленими. Це явище особливо помітне на старих листках, оскільки магній є мобільним елементом і транспортується до нових частин рослини. У результаті цього порушується енергетичний обмін у клітинах через зниження синтезу аденозинтрифосфату (АТФ), що є джерелом енергії для всіх клітинних процесів.

Дефіцит магнію також впливає на синтез білків, зменшуючи утворення ферментів, які беруть участь у метаболізмі вуглеводів і жирів. Рослини починають відставати в рості, їхня коренева система формується повільніше, що знижує здатність до поглинання води та поживних речовин. Плоди стають дрібними, а їхня якість значно погіршується. Для виправлення цієї ситуації необхідно вносити магнієві добрива, такі як сульфат магнію, доломітове борошно або магнієва селітра. Крім того, важливо контролювати кислотність ґрунту, адже магній краще засвоюється при нейтральному рівні ґрунту рН (6,0–7,5).



Рис. 4 (а). Дефіцит магнію у броколі та у кукурудзі

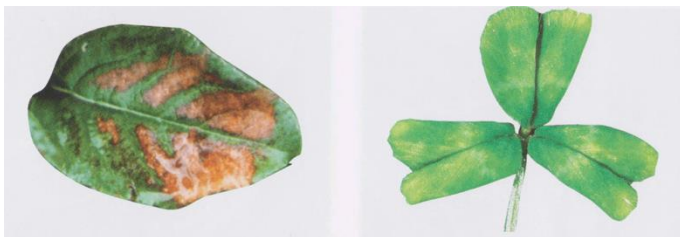


Рис. 4 (б). Ознаки дефіциту магнію на листках яблуні та конюшини

Окрім цього, магній допомагає рослинам ефективно засвоювати азот, фосфор та калій (NPK).

Мідь, як один із важливих мікроелементів, відповідає за багато біохімічних процесів у рослинах. Її роль особливо важлива у фотосинтезі та диханні, оскільки вона входить до складу ферментів, які регулюють окисно-відновлювальні реакції. При дефіциті міді спостерігається уповільнення росту пагонів і коренів, листки стають зморщеними, скрученими та втрачають яскравий зелений колір. У зернових культур, таких як пшениця чи ячмінь, дефіцит міді призводить до формування пустих колосків, що суттєво знижує врожайність. Крім того, рослини з недостатністю міді стають більш уразливими до хвороб, оскільки слабшають їх клітинні стінки. Для усунення дефіциту міді рекомендовано застосовувати мідний купорос або інші мідьвмісні добрива, а також позакореневе підживлення в періоди інтенсивного росту. Надлишок міді також може бути токсичним, тому важливо проводити аналіз ґрунту перед внесенням добрив.

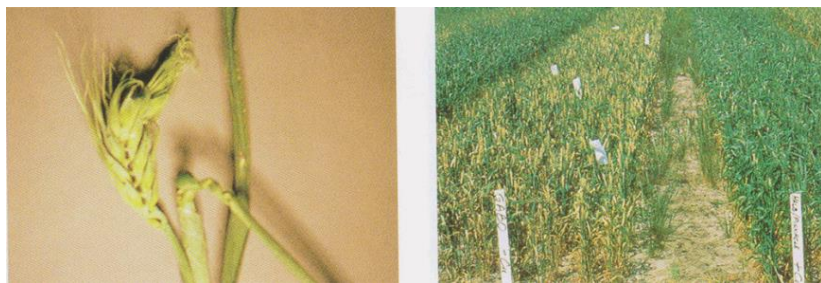


Рис. 5. Результат дефіциту міді на колосках зернових культур та нестача міді пшениці

Марганець відіграє важливу роль у метаболізмі рослин. Він активує ферменти, які беруть участь у процесах фотосинтезу та азотного обміну. У разі дефіциту марганцю відбувається порушення роботи фотосистеми II, що знижує утворення кисню в процесі фотосинтезу. Це, у свою чергу, негативно позначається на енергетичному обміні та здатності рослин утилізувати азот. Візуально дефіцит марганцю проявляється у вигляді плямистого хлорозу на молодих листках. Особливо чутливими до нестачі марганцю є цукрові буряки, які у фазі 4–8 листків починають формувати слабкі коренеплоди зі зниженою цукристістю. Для запобігання цим проблемам важливо вносити марганцевмісні добрива, такі як сульфат марганцю, а також проводити регулярні позакореневі обробки у фазах інтенсивного росту.



Рис. 6. Результат дефіциту марганцю

Сірка входить до складу амінокислот, таких як метіонін і цистин, які є будівельними блоками білків. При її нестачі молоде листя рослин стає блідо-зеленим або навіть білим через порушення синтезу хлорофілу. Стебла стають короткими та крихкими, що обмежує можливості рослин до розвитку. Дефіцит сірки також впливає на засвоєння азоту, що ще більше посилює негативні наслідки для рослин. Щоб виправити дефіцит сірки, слід використовувати сірковмісні добрива, наприклад, сульфат амонію або гіпс. Також корисно проводити аналіз ґрунту, щоб оцінити вміст сірки й уникнути надмірного внесення, що може бути шкідливим.



Рис. 7. Проява нестачі сірки у ріпаку на різних стадіях росту

Цинк необхідний для синтезу фуксінів – гормонів, які регулюють ріст рослин. Дефіцит цинку викликає утворення укорочених міжвузлів, дрібних і хлоротичних листків. Це особливо помітно на молодих пагонах, де сповільнюється ріст і утворюються характерні жовті плями. У таких умовах рослини не можуть формувати якісні генеративні органи, що знижує врожайність. Для усунення дефіциту цинку

застосовують цинкові добрива, такі як сульфат цинку або оксид цинку. Позакореневі підживлення допомагають швидко компенсувати нестачу цього елемента. Крім того, використання органічних добрив сприяє покращенню здатності ґрунту утримувати цинк.



Рис. 8. Дефіцит цинку кукурудзи

Бор є надзвичайно важливим для формування квіток, зав'язей і плодів. При його нестачі відмирають верхівкові точки росту, а листки стають деформованими, із сухими краями. У плодах розвиваються внутрішні пустоти або суха гниль. У цукрових буряків бор забезпечує високу цукристість коренеплодів, і його дефіцит суттєво знижує їхню якість. Бор також впливає на засвоєння азоту, що робить його важливим елементом у системі живлення. Щоб уникнути дефіциту бору, застосовують добрива з його вмістом, такі як борна кислота. Позакореневі обробки особливо ефективні в періоди інтенсивного цвітіння⁷.

Наприклад, помітно важливу роль у вирощуванні такої сільськогосподарської культури як цукрові буряки відіграють наступні мікроелементи: Магній (Mg), Мідь (Cu), Марганець (Mn), Сірка (S), Цинк (Zn) та Бор (B). Вашій увазі уже традиційно представлена схема ознак дефіциту кожного з цих елементів живлення, а також причин та передумов, що спричиняють дефіцит. Далі ми більш детально розглянемо функціональне навантаження кожного із вище згаданих елементів.

⁷ Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ; за ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. Вид. 2-е доп. Київ, 2019. 108 с.

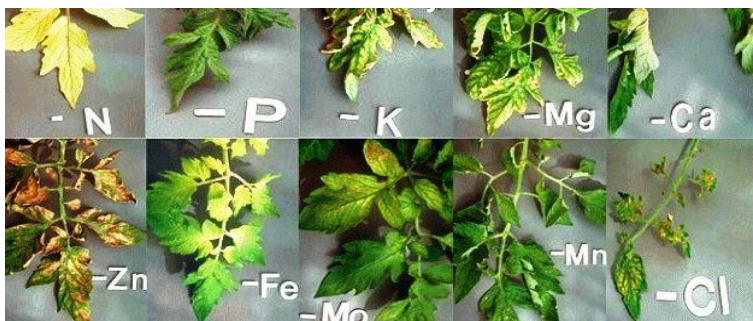


Рис. 9 Діагностика нестачі живлення хімічних елементів у рослинних культурах

Дефіцит поживних речовин в ґрунті викликає порушення обміну речовин в рослинах, робить сильний вплив на їх зростання і зовнішній вигляд.

При нестачі поживних речовин спостерігаються: затримка росту рослин, прискорення або уповільнення фаз розвитку, зміна співвідношення між різними органами, зміна будови, розміру, форми і забарвлення листя і т. д. Зовнішні ознаки нестачі окремих елементів живлення у різних рослин бувають різними. Тому за зовнішніми ознаками можна судити про нестачу в ґрунті того чи іншого елемента живлення і про потреби рослин в добривах. Однак уповільнення зростання і зміна зовнішнього вигляду рослин не завжди обумовлюються нестачею в ґрунті поживних речовин. Подібні зміни викликаються іноді ураженням шкідниками і хворобами або іншими несприятливими умовами зростання (посуха, низька температура і т. д.). Важливо вміти відрізнити ці зміни зовнішнього вигляду рослин від змін, викликаних нестачею поживних речовин.

На зовнішній вигляд рослини впливає також надмірна кількість деяких елементів (хлору, марганцю і алюмінію), не потрібних рослині або потрібних їй у невеликій кількості. При надмірному надходженні їх в рослини сповільнюється зростання, відмирають тканини, спостерігаються різні зовнішні зміни, а іноді і загибель рослин. Поява ознак нестачі якогось поживної речовини у рослин вказує на необхідність підгодівлі їх відповідними добривами. Хоча вивчені і не всі можливі комбінації, до теперішнього часу майже не виявлено змішання симптомів. Зовнішніми проявами страждання рослин від нестачі елементів живлення завжди виявлялися симптоми нестачі одного якогось елемента, більш важливого для рослини, ніж інші. Відсутність змішання симптомів значно спрощує проблему

діагнозу і подальшого поліпшення живлення рослин. При нестачі декількох елементів першими проявляються і зникають в результаті внесення відповідних добрив симптоми нестачі того елемента, дія якого є домінуючим; потім з'являються симптоми нестачі іншого елемента, і так далі. У поєднанні з іншими методами метод візуальної діагностики у зв'язку з його простоти і доступності заслуговує найширшого використання для визначення потреби рослин в добривах⁸.

Пристаючи до визначення причини порушення живлення рослин, слід перш за все звернути увагу на те, в якій частині рослини виявляються аномалії, визначаючи, таким чином, групу симптомів. Симптоми першої групи, які виявляються головним чином на старих листках, можуть бути розбиті на дві підгрупи:

- 1) в більшій чи меншій мірі загальними (недолік азоту і фосфору);
- 2) або ж носити лише місцевий характер (недолік магнію, цинку і калію).

Недостатність азоту і фосфору (симптоми першої підгрупи) впливає на стан рослини в цілому або його більш старого листа. При нестачі цих елементів спостерігається значна затримка росту і листя прагнуть зайняти прямостояче положення на стеблі, утворюючи з останніми гострий кут. У разі нестачі азоту рослина набуває ненормально сітлозелене забарвлення і його нижнє листя в більшій чи меншій мірі жовтіють. У разі нестачі фосфору рослина має незвично темно-зелений забарвлення, а листя або зовсім не жовтіють, або жовтіють незначно.

Симптоми нестачі магнію, цинку і калію, що відносяться до другої підгрупи першої групи, захоплюють не цілком весь лист, а лише окремі ділянки його, що виражається у втраті зеленого забарвлення (хлорозі), а іноді і в відмиранні (некроз) тканин окремих ділянок листа.

У разі нестачі калію хлоротичні ділянки мають жовтуватий відтінок, що викликає ряболистя. Хлоротичні ділянки розташовуються навколо невеликих ділянок відмерлої тканини на верхівках, по краях і між жилками листа. У міру збільшення ділянок відмерлої і висохлої тканини рослина набуває вигляду ураженого іржею. Інші частини рослини відрізняються блакитно-зеленим забарвленням. Найперший прояв нестачі калію виражається в згортанні донизу верхівок і країв нижніх листя; цей симптом стає все більш виразним у міру збільшення нестачі зазначеного елемента.

У разі нестачі магнію зникає зелене забарвлення окремих ділянок листа, які стають майже білими. Втратили зелене забарвлення ділянки листа розташовані переважно між головними жилками, а не на верхівках

⁸ Кирильчук А. А., Бонішко О. С. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум: Навчальний посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.

або по краях листя. Відмирання тканин або незначно, або зовсім відсутнє; закручування верхівок і країв листя також не спостерігається.

Недолік цинку викликає відмирання ділянок тканин на всій поверхні листка, а не тільки на верхівці і по краях його. Часто цього процесу піддаються бічні, а іноді і головні жилки. Ділянки з відмерлої тканиною розпадаються значно швидше, ніж при нестачі калію⁹.

Друга група симптомів, що виявляються на молодих листочках або точках росту рослини, може бути розбита на три підгрупи, які характеризуються:

1) появою хлорозу, або втратою молодим листям зеленого забарвлення без подальшої загибелі верхівкової бруньки, що вказує на недолік заліза, сірки або марганцю;

2) загибеллю верхівкової бруньки, що супроводжується втратою її листям зеленого забарвлення, що вказує на нестачу кальцію або бору;

3) постійне прив'ялення верхніх листків, що вказує на брак міді.

При хлорозі молодого листя без подальшої загибелі верхівкової бруньки (симптоми першої підгрупи) жилки зберігають свою зелене забарвлення в разі нестачі заліза. Втрачають забарвлення зазвичай тільки ділянки листка між головними жилками. Але у виняткових випадках можуть бути вражені і жилки, тоді весь лист стає білим або жовтим. Плями відмерлої тканини зазвичай відсутні.

При нестачі сірки жилки листа, як і всі інші ділянки листа, стають світло-зелений; жилки можуть навіть виявитися більш світлими. Втрата зеленого забарвлення відбувається не в такій мірі, як у випадку нестачі заліза і марганцю, так що листя не стають білими або жовтими. Відсутні також плями відмерлої тканини.

У випадку дефіцитності марганцю вся судинна система листка аж до найдрібніших розгалужень зберігає своє зелене забарвлення, створюючи різкий контраст з втратою забарвлення тканин між жилками, що надає листу вид шахової дошки. Згодом на листках з'являються поступово збільшуються плями відмерлої тканини, які можуть захопити всю поверхню листка. До другої підгрупи належать симптоми, які характеризуються загибеллю верхівкової бруньки.

Якщо відсутнім елементом є кальцій, молоді верхівкові листя спочатку втрачають своє зелене забарвлення і загортаються донизу приблизно на 1/3 своєї довжини. Потім верхівки і краї листя відмирають, а тканини листової пластинки в результаті подальшого

⁹ Гловин Н. М., Павлів О. В. Investigation of Causes and Influences of Soil Acidity on Crop Yields in Kozova District, Ternopil Region. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.С. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*, 2019, т 21, № 91, ст. 16–20 ISSN 2519–2698 print <https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture> doi: 10.32718/nvlvet-a9103

зростання розриваються, що надає листку рваний вид. Рослина в цілому набуває темно-зеленого забарвлення.

У разі нестачі бору молоді верхівкові личочки спочатку втрачають нормальне забарвлення у своїй викривленій основі. Верхівка може ще протягом деякого часу залишатися зеленою. Зазвичай уражені тканини швидко розпадаються, і якщо ріст листа до його повної загибелі триває далі, то останній стає викривленим або скрученим. Верхні листки відрізняються нездоровим світлозеленим забарвленням і закручуються від верхівки до основи. Головні жилки уражених листя набувають коричневого або чорного забарвлення і при згинанні листа легко ламаються.

Для симптомів третьої підгрупи не характерно розвиток хлорозу і відмирання верхівкової бруньки. До цієї підгрупи відносяться майже виключно симптоми нестачі міді, які проявляються в стійкому зів'язанні верхніх листків. Таким чином, порівнюючи вміст у ґрунті конкретної ділянки окремих елементів із їх ГДК або кларком за Виноградовим, можна зробити помилкові висновки щодо техногенного забруднення ґрунту. Тому ми вважаємо за доцільне використання фонових вмісту мікроелементів у ґрунтах України й використання цих даних як місцевого кларку окремих елементів. Для визначення вмісту Fe, Ti, Pb, Zn, Mn, Cu, Se, Mo, Sr, B і Ni в ґрунтах були використані зразки ґрунтів, що відбирались при ґрунтового обстеженні лабораторією із ґрунто-творних порід та верхнього гумусового горизонту. Використані також результати досліджень окремих дослідників цієї проблеми, на що є посилання в бібліографічному списку.

При вивченні розподілу мікроелементів по профілю чорноземів ґрунтів більшість дослідників відзначає, що нейтральна реакція ґрунтового розчину, висока гумусованість, порівняно сухий клімат, відносно високий рівень окислювально-відновлювального потенціалу стримують міграцію більшості мікроелементів і сприяють накопиченню їх у верхньому гумусованому горизонті. Особливість профільного розподілу мікроелементів як результату прояву ґрунто-творного процесу, пов'язану з їх біогенним накопиченням, запропоновано використовувати для визначення ступеня органофільності мікроелементів (СТОПГ) шляхом розрахунку відношення їх кількостей у верхньому (0-30 см) і нижньому (30-50 см) шарі. В досліджуваних ґрунтах ми спостерігаємо тенденцію диференціації за вмістом більшості мікроелементів саме шару 0-50 см. В усіх зрошуваних ґрунтах відмічено тенденцію збагачення на Mn та Cu шару 0-30 см відносно шару 30-50 см, в більшості ґрунтів – на Zn, Pb та Cr. Таку тенденцію звичайно пов'язують із поглинанням мікроелементів коренями рослин у шарі 30-50 см та збагаченням за їх рахунок шару 0-30 см.

До групи мікроелементів, які рослини поглинають з ґрунту, належить широкий спектр хімічних елементів, основними з яких є молібден, цинк, бор, мідь, марганець та залізо. Потреба в цих елементах для більшості сільськогосподарських культур становить десятки або сотні грам на рік на 1 га. Тобто, в порівнянні до основних макроелементів, з ґрунту рослини поглинають в сотні або і тисячі раз менше по кількості мікроелементів¹⁰.

Агрономічній науці давно відомо про фізіологічну роль кожного з основних мікроелементів, експериментально доведено їх лімітуючий вплив на врожайність більшості культур.

Слід зазначити, що фахівці не часто рекомендують аграріям визначення мікроелементів в ґрунті, а їх визначення в рослинному матеріалі.

Західна частина Опілля являє собою слабохвилясту рівнину, яка знижується до Дністра – Рогатинсько-Ходорівська рівнина. Зміни чинників ґрунтоутворення впливають на характер та інтенсивність розвитку елементарних ґрунтових процесів: дернового, лесиважу, опідзолені, оглеєння, гумусоутворення, які визначають морфологічну будову, склад, властивості ґрунтів. Територіальні відмінності факторів ґрунтоутворення в межах Опілля вплинули на морфогенетичні, фізичні, фізико-хімічні, хімічні властивості сірих лісових ґрунтів. Ґрунтотворні породи, рельєф, клімат, рослинність виступають природними факторами процесу водної ерозії на Опіллі, які підсилюються антропогенною діяльністю. Найважливішими морфологічними характеристиками рельєфу Опілля є розчленованість території річковобалковою мережею, перевищення площі схилів над площею вододілів і плакорів, довжина, крутизна, форма схилів. Також рельєф визначає кількість та інтенсивність атмосферних опадів, об'єм і швидкість стоку, вологість ґрунтів, тепловий баланс поверхні. Природна рослинність, яка займає 40% площі Опілля, зменшує інтенсивність ерозійних процесів. Ґрунтозахисний вплив рослинності виявляється за такими напрямками: наземна маса рослинного покриву приймає на себе енергетичну дію падаючих крапель, охороняючи ґрунт від їхнього руйнівного впливу; коренева система рослин, скріплюючи кореневмісний шар, збільшує здатність ґрунту протидіяти ерозійному руйнуванню. Вирубка лісів на схилах опільських горбів та інтенсивне їхнє розорення посилює ерозійні процеси на Опіллі. Значні площі ґрунтів на схилах еродовані.

¹⁰ Мірошниченко М.М., Коваленко С.С. Просторово-часова нерівномірність забезпечення ґрунтів рухомими мікроелементами. Вісник аграрної науки. *Землеробство, ґрунтознавство, агрохімія*. № 4 (841). 2023. https://agrovisnyk.com/index.php/agrovisnyk/article/view/2022_05_02/4239

ВИСНОВКИ

Мікроелементи є життєво важливими для нормального функціонування рослин протягом усього періоду їхнього вегетаційного розвитку. Вони забезпечують формування як вегетативних органів (зокрема молодих коренів), так і генеративних частин рослин (квіток, пилку, насіння). Ці елементи беруть активну участь у створенні клітинних стінок, формуванні тканин, у процесах клітинного ділення, пришвидшенні процесів цвітіння та формуванні насіння. Їхня роль у процесах запилення сприяє покращенню насіннєвої продуктивності, підвищує стійкість рослин до захворювань і дозволяє мікроелементам перерозподілятися між різними органами рослин.

Наприклад, бор, один із найважливіших мікроелементів, зосереджується переважно у зав'язі, пилку, тичинках, а також накопичується в листках і квітках. У коренях бору міститься значно менше, а в стеблах він практично не присутній. Овочеві культури та плодово-ягідні рослини потребують бору в 10 разів більше, ніж злакові культури. Недостатність цього мікроелемента призводить до серйозних проблем: засихання вегетативних верхівок, відмирання точок росту, коренів і листків, слабкого або взагалі відсутнього цвітіння. Формування невеликих, скручених, жовтих листків, а також зниження кількісних і якісних показників плодів є ще однією ознакою дефіциту бору. Крім цього, нестача цього елемента провокує розвиток захворювань.

Наприклад, у цукрових буряків це хлороз листків і суха гниль, у льону – бактеріоз, у цвітної капусти – потемніння суцвіть і дуплистість, у винограду – некрози, у яблук – чорна гниль, а у груші – коркуватість або водянисті плями. Бор також впливає на здатність рослин фіксувати азот із повітря, а його нестача найчастіше спостерігається на карбонатних і заболочених ґрунтах, особливо за умов посухи, надмірного вапнування або внесення великої кількості азотних добрив.

Проте, надлишок бору також шкідливий. Він може викликати утворення пожовклих і деформованих листків із коричневими плямами, що поступово збільшуються та призводять до відмирання тканин. У старих листків нижньої частини рослини можуть червоніти черешки, квітки стають меншими і світлішими, а сама рослина в'яне.

Насиченість ґрунту мікроелементами залежить від багатьох чинників, серед яких:

1. Початковий рівень мікроелементів у ґрунті. Рівень мікроелементів може бути природним, зумовленим геохімічними процесами, або формуватися внаслідок агротехнічних заходів, таких як внесення добрив.

2. Геологічне походження ґрунтів. Ґрунти, сформовані на різних материнських породах, можуть суттєво відрізнятися за вмістом мікроелементів. Наприклад, піщані ґрунти зазвичай бідніші на мікроелементи, ніж глинисті.

3. Властивості ґрунту. Здатність ґрунтів утримувати мікроелементи залежить від їхньої текстури та складу. Глинисті ґрунти мають вищу сорбційну здатність, тоді як піщані легко вимиваються.

4. рН ґрунту. Кислотність чи лужність ґрунту суттєво впливає на доступність елементів. Наприклад, бор краще засвоюється в нейтральному та слабкокислому середовищі, але може накопичуватися в надлишкових кількостях у лужних умовах.

5. Водний режим ґрунту. Вода впливає на розчинення мікроелементів і їхню доступність для кореневої системи. Надмірна вологість може вимивати елементи з кореневої зони, тоді як нестача води знижує їх мобільність.

Рекомендації для оптимального забезпечення мікроелементами

Для підтримання збалансованого рівня мікроелементів у ґрунті рекомендується: регулярний аналіз ґрунту для визначення його насиченості макро- і мікроелементами, внесення мікродобрив відповідно до потреб рослин і типу ґрунту, використання органічних добрив, таких як компост, які не лише забезпечують ґрунт поживними речовинами, але й покращують його структуру, дотримання балансу між мінеральними та органічними добривами, щоб уникнути надмірного накопичення елементів, які можуть бути токсичними для рослин.

Отже, для збереження родючості ґрунтів Опілля рекомендовано впроваджувати екологічно орієнтовані заходи, такі як скорочення площ орних земель, консервація деградованих ділянок і впровадження контурно-меліоративної організації територій.

АНОТАЦІЯ

Ґрунти є одним із найважливіших компонентів екосистеми, які визначають родючість ґрунтів, витривалість рослин та якість отриманих врожаїв. Вивчення складу мікроелементів у ґрунтах є актуальною проблемою, оскільки вони відіграють ключову роль. Метою дослідження було проведення моніторингу ґрунтового покриття Західного Опілля на забезпеченість мікроелементами. Проведений аналіз підтвердив, що такі мікроелементи, як магній, мідь, марганець, сірка, цинк та бор, є ключовими для забезпечення здорового росту і розвитку рослин. Кожен із цих елементів виконує унікальні функції: від активації ферментів і синтезу білків до підвищення стійкості рослин до хвороб і стресів. Особливу увагу в роботі було приділено впливу бору

на вирощування сільськогосподарських культур. Бор сприяє швидкому цвітінню, покращує процеси запилення, формування пилку та розвиток репродуктивних органів. При цьому жоден мікроелемент не може повністю замінити функції іншого, і відсутність навіть одного з них призводить до порушення фізіологічних процесів у рослинах.

Дотримання правильного балансу мікроелементів у ґрунті є ключем до успішного сільського господарства, оскільки воно дозволяє забезпечити високу врожайність і якість продукції.

Література

1. Медведєв В.В. Відновлення екологічності і продуктивних функцій ґрунтів як найважливіший етап реалізації концепції сталого розвитку України. *Вісник аграрної науки*. 1997. № 9. С. 16–20.
2. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України за результатами XI туру (2016–2020 рр.). Київ : ДУ «Держґрунтохорона», 2022.
3. Мірошніченко М. М., Фатєєв А.І., Пашенко Я.В. та ін. Розмаїтість мікроелементного складу ґрунтів і рослин та задачі агрогеохімічного районування України. *Вісник аграрної науки*. 2006. Спецвипуск, квітень. С. 71–75.
4. Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України. Під ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера. К., 1994. 163 с.
5. Дефіцит елементів живлення. URL: <https://pni.com.ua/дефіцит елементів живлення>
6. Alloway B.J. Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans. *Environmental Geochemistry and Health*. 2009. V. 31. Is. 5. P. 537–548. doi: 10.1007/s10653-009-9255-4
7. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ; за ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. Вид. 2-е доп. Київ, 2019. 108 с.
8. Кирильчук А. А., Бонішко О. С. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум: Навчальний посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.
9. Гловин Н. М., Павлів О. В. Investigation of Causes and Influences of Soil Acidity on Crop Yields in Kozova District, Ternopil Region. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*, 2019, т 21, No 91, ст. 16–20 ISSN 2519–2698 print <https://nvlvet.com.ua/index.php/agriculture> doi: 10.32718/nvlvet-a9103
10. Мірошніченко М.М., Коваленко С.С. Просторово-часова нерівномірність забезпечення ґрунтів рухомими мікроелементами.

Вісник аграрної науки. Землеробство, ґрунтознавство, агрохімія.
№ 4 (841). 2023. https://agrovisnyk.com/index.php/agrovisnyk/article/view/2022_05_02/4239

Information about the authors:

Glovyn Nadiya Myronivna,

Candidate of Pedagogical Sciences,

Associate Professor at the Ecology Department

Separated Subdivision of National University of Life and Environmental
Sciences of Ukraine “Berezhany Agrotechnical Institute”

20, Academichna str, Berezhany, Ternopil region, 47501, Ukraine

Pankiv Nataliya Mikolayivna,

Assistant at the Ecology Department

Separated Subdivision of National University of Life and Environmental
Sciences of Ukraine “Berezhany Agrotechnical Institute”

20, Academichna str, Berezhany, Ternopil region, 47501, Ukraine