

БІОГЕОХІМІЧНА СПЕЦИФІКА В ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ КРАЇНИ

І.В. Шумигай

кандидат сільськогосподарських наук
Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: innashum27@gmail.com;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>

О.В. Єрмішев

кандидат біологічних наук, доцент
Донецький національний університет ім. Василя Стуса (м. Вінниця, Україна)
e-mail: o.yermishev@donnu.edu.ua;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5854-9678>

Н.М. Манішевська

викладачка
Відокремлений структурний підрозділ “Боярський фаховий коледж
Національного університету біоресурсів і природокористування України”
(м. Боярка-2, Київська обл., Україна)
e-mail: manishevskan@ukr.net

Живим організмам у мікрокількостях необхідні всі хімічні елементи, проте перевищення їх нормативних концентрацій може мати токсичний вплив. Токсичність важких металів зумовлена їх здатністю накопичуватися в живих організмах, включатися в метаболічний цикл та утворювати високотоксичні металоорганічні сполуки. Тому в статті здійснений аналіз розповсюдження хімічних елементів, зокрема важких металів у ґрунті та рослинах Лісостепової зони. Слід пам'ятати, що вплив дефіциту та надлишку цинку і міді може визвати ендемічні порушення в рослинних організмах. У науково-дослідних господарствах було виявлено рослини озимої пшениці, що вражені вірусами фузаріозної кореневої гнилі та борошнистою россою. Вивчено поширення і розвиток хвороб в умовах Лісостепу України. Також уточнено діагностичні ознаки хвороб та особливості їх збудників.

Ключові слова: біогеохімічні дослідження, накопичення важких металів, озима пшениця, ендемічні хвороби, коренева гниль, борошнеста роса.

ВСТУП

Багато елементів, включаючи й життєво необхідні для живих організмів, в аномально високих концентраціях токсичні для рослин, тварин і людини, що підтверджує визначальне значення його концентрації у ґрунті та варіативності форм його сполук.

За кількісною ознакою хімічний елементарний склад живої матерії поділяється на три групи — макроелементи, мікроелементи та ультрамікроелементи. Концентрація макроелементів у живих організмах сягає від десятих часток відсотка до десятків відсотків, мікроелементів — від тисячних до сотисядених часток відсотка, ультрамікроелементів — мільйонні частки і менше.

Серед мікроелементів біологічно цінними є хром, манган, залізо, кобальт, нікель, мідь, цинк, молібден, кадмій, а серед ультрамікроелементів — ртуть, талій, вісмут [1].

Екологічні класифікації мікроелементів узагальнюють особливості їх впливу на біологічні об'єкти різного ступеня організації. Такі класифікації застосовують у геохімічній екології та біогеохімії, які розрізняють групи мікроелементів есенціальних і неесенціальних, “металів життя” і важких металів тощо.

Есенціальні (необхідні) мікроелементи — біогенні нутрієнти (поживні речовини) з біологічною функцією, подібною до дії вітамінів; вони не синтезуються організмами, але є необхідними живим організмам для забезпечення нормальної життєдіяльності. За А. Кабати-Пендіас [2] встановлено есенціальність Co, Cu, Zn, Mo та позитивне значення в біологічних процесах Ni, Sr, Ti, V, Be, Cr, Ba. Вміст цих мікроелементів у живих організмах не перевищує $10^{-3}\%$.

Неесенціальні мікроелементи не входять у структуру клітин живих організмів і тому

можуть мати як нейтральний, так і небезпечний вплив на організми.

“*Метали життя*” — мікроелементи, біологічні особливості яких забезпечують функціонування організму загалом, тому мають постійно надходити в організм із їжею та водою в певних співвідношеннях. До них відносяться Cu, Zn, Mn, Co, Mo, Ti, V, Cr, Ni.

Важкі метали — група мікроелементів, яка об'єднує хімічні елементи на підставі певних внутрішньогалузевих принципів. Біогеохімічні і ландшафтно-геохімічні класифікації встановлюють важкими металами ті хімічні елементи, що мають властивості металів і мають більшу атомну масу, ніж у заліза, тобто більшу за 55,9. Серед більшості мікроелементів (Co, Ni, Cu, Zn, Sr, Mo, Ag, Ba, Ce, Au, Hg, Pb, та ін.), що відносяться до важких металів, мають високу біологічну активність [3].

Наразі у ґрунтознавстві і агрохімії, фізіології, медицині та інших науках велику увагу приділяють вивченню вмісту і форм сполук хімічних елементів у ґрунтах і живих об'єктах, вивченню їх впливу на розвиток живих організмів і розробці прийомів регулювання режиму у ґрунтах. Важкі метали мають важливе значення для формування рослин та впливають на розвиток живих організмів загалом. Так, цинк є каталізатором у багатьох ферментних системах. У складі останніх бере участь у метаболізмі крохмалю і азоту, а також контролює синтез амінокислоти триптофану, попередник ауксину — регулятора росту. Мідь є редокс-активним перехідним металом, який також необхідний для рослин [4; 5].

Дефіцит будь-якого елемента пояснюється незбалансованістю раціону харчування людей, а отже, є прямим наслідком їх дефіциту в живленні сільськогосподарських рослин та тварин. З іншої сторони, врожайність продукції рослинництва та продуктивність сільськогосподарських тварин також лімітується мікроелементним раціоном.

Нестача елементів зумовлює не тільки зниження врожаю, викликає низьку захворюваність у рослин та тварин, а подекуди і їх загибель, але й знижує якість продуктів харчування людини та тварин [6].

Таким чином, як надлишок, так і дефіцит важких металів можуть викликати порушення росту та розвитку рослин. Багато

основних питань залишається без відповідей. Тому мета роботи пов'язана з накопиченням важких металів у рослинах, з поясненням механізмів, які забезпечують рівномірне розподілення цих елементів у рослинних тканинах та попереджають накопичення токсичних рівнів. А також під діагностикою слід розуміти визначення (розпізнавання) хвороби на основі сукупності ознак патологічного стану рослини, виявлених за ретельного, всестороннього і детального їх досліджень.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вивчення вмісту та властивостей ВМ було розпочато в 50–60 роках ХХ ст. з досліджень ґрунтів, а у 70-х вони розширилися. Академік В.І. Вернадський називав їх “розсіяними елементами”, а О.П. Виноградов — “мікроелементами”. Наприкінці 1970–80 рр. проблема мікроелементів стала переростати у проблему хімічного забруднення, що останнім часом привертає все більше уваги. Саме з цього часу з'являється термін “важкі метали” як забруднювачі довкілля [7; 8].

Принципи біогеохімії застосовуються і в генетичному ґрунтознавстві. Використовуючи їх, радянський ґрунтознавець та геохімік Б.Б. Полинов започаткував науку — геохімію ландшафту. Поділ на біогеохімії (БГХ), еколого-геохімічні, ґрунтово-геохімічні та ландшафтно-геохімічні дослідження є доволі умовним. Напрями сучасної біогеохімії показано на *рис. 1*.

Знаменитий лікар і хімік Парацельс (Пилип Ауреол Теофраст Бомпаст фон Гогенгейм, 1493–1541) стверджував: “*Все є отрута, і ніщо не позбавлено отруйності: немає отруйних речовин, а є отруйні їх кількості...*” [9]. Для оцінки хімічних елементів щодо критерію

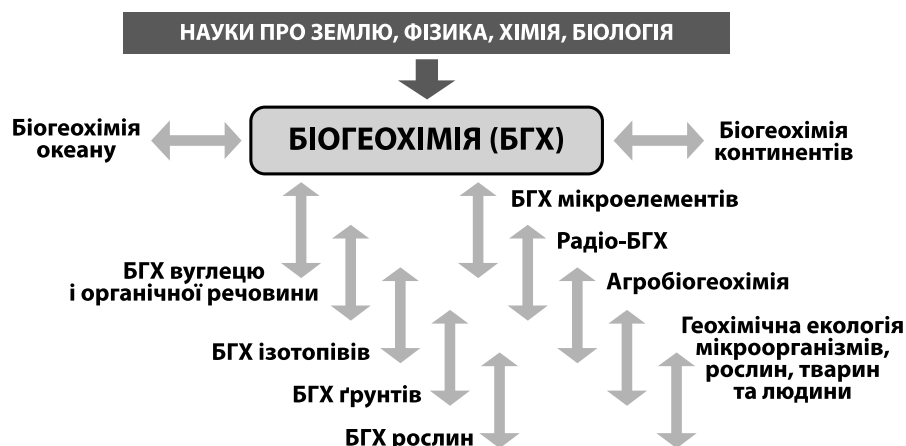


Рис. 1. Сучасні напрями БГХ

Джерело: [6].

“кількість” важливе значення має їх кількість, яка надходить на певні території, або, інакше, рівень їх навантаження. Так, залізо, цинк, молібден, селен, мідь, кобальт — ці та десятки інших хімічних елементів присутні в живій речовині у мінімальних кількостях — у межах 10^{-3} – 10^{-12} %. Однак їх вплив на обмінні та інші процеси надзвичайно значний. Відомо, що як надлишок, так і нестача їх в органах та тканинах спричиняють патології.

Загалом, велика кількість публікацій присвячена дослідженню особливостей поглинання, транспорту та акумуляції важких металів у тканинах та органах рослин (Алексеева-Попова, 1983; Кабата-Пендіас, Пендіас, 1989; Нестерова, 1989; Barceló, Poschenrieder, 1990; Мельничук, 1990; Ильин, 1991; Гуральчук, 1994; Серегин, Иванов, 1997, 2001; Hall, 2002; Козловський та ін., 2005; Clemens, 2006; Яворовський та ін., 2007; Серегин, 2009; Серегин и др., 2011).

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Методологія екологічного нормування вмісту ВМ у системі “грунт–рослина” передбачає використання структурно-функціонального аналізу, встановлення певної шкали впливів, що відображає їх шкодочинність на ґрунти і суміжні середовища та розподіляє стан об’єкту нормування на нормальний або ненормальний.

Були здійснені спостереження в умовах тимчасових польових дослідів у двох об’єктах Лісостепу, зокрема на території ДГ “Чабани”, що знаходиться в Києво-Святошинському р-ні Київської обл., а також у межах науково-дослідного господарства “Агрономічне” (Вінницький р-н, Вінницька обл.).

Для вивчення впливу концентрацій на рослини і чинників, що впливають на надходження важких металів (міді і цинку) у рослини та їх стійкість, у 2022 р. була проведена серія вегетаційних і нульових дослідів із зерновими культурами.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Нормальний розвиток організму можливий тільки за певного споживання хімічних елементів, яке забезпечується внаслідок наявності в організмах механізмів регуляції. Всі життєво важливі елементи споживаються із зовнішнього середовища організмами незалежно від їх концентрації, тільки в певних співвідношеннях. Навпаки, хімічні елементи накопичуються в організмах пропорційно їх вмісту в навколишньому природному середовищі.

За тривалого порушення співвідношення між хімічними елементами виникають різні

хвороби, які називають **ендемичними**, а саме явище — **біогеохімічними ендеміями**. Останні частіше всього виникають за нестачі або надлишку деякого порогового значення концентрації елементу або порушення співвідношення зв’язаних із ним інших хімічних елементів. У рослин ендемічні хвороби проявляються в ланцюгу “грунт–рослина”.

Цинк — норма $(3-7) \cdot 10^{-3}$ %; нестача зумовлює затримку росту рослин та розвиток хлорозу, викликає в багатьох рослин утворення вкороченого міжвузля, пожовтіння, плямистість і асиметрію листків; надлишок викликає морфологічну мінливість.

Купрум — норма $(15-60) \cdot 10^{-4}$ %; за нестачі міді в рослин спостерігається слабкий ріст і затримка стеблуння, засихання пагонів, хлороз молодих листків, втрата тургору, побіління кінчиків листків, уповільнення формування насіння; надлишок викликає хлороз рослин [10; 11].

Наявність реакцій рослин, тварин і людини та геохімічні фактори середовища — експериментально доведений факт. Розвиваючи ідеї еволюційної адаптації живих організмів до умов довкілля, керуючись законом Лібіха щодо обмежувальної дії кожного з основних біогенів, В.В. Ковальський [12] встановив діапазон оптимальних концентрацій елементів для сільськогосподарських тварин. На основі цих досліджень біологічних реакцій-відповідей він запропонував нові, біологічно верифіковані критерії надлишковості та дефіциту хімічних елементів у культуральних середовищах, харчових раціонах, ґрунтах. Особливе значення в реакціях організмів набуває близькість вмісту хімічних елементів у компонентах довкілля до нижніх або верхніх порогових концентрацій.

Вчення про порогові концентрації передбачає існування нижніх та верхніх порогових концентрацій у геохімічному оточенні, у харчових раціонах, рідинах організму, в органах і тканинах. У БГХ використовується складна система (рис. 2), яка визначається даними геохімічної екології: концентрація хімічних елементів у середовищі, з однієї сторони, та порогові концентрації (нижня та верхня), що визначаються адаптаційно-екологічними властивостями організму та, як наслідок, живої речовини, з іншої.

Якщо концентрація в середовищі одного, двох чи кількох спряжених хімічних елементів, потрібних для регуляції процесів життя, менша нижнього порогу, то порушуються обмінні процеси, активність ферментів, погодженість шляхів обміну, морфогенезу, виникають дисфункції та ендемічні захворювання.

Схожі порушення життєдіяльності спостерігаються за надлишкових концентраціях елементів. Вище порогових значень, що також призводить до ендемічних захворювань. Між нижнім та верхнім пороговими концентраціями (діапазон $x-x_1$ на рис. 2) відмічається нормальна регуляція гомеостатичних станів. Гомеостаз — здатність організму або системи організмів підтримувати стійку (динамічну) рівновагу за умов мінливості довкілля. По мірі наближення до нижнього чи верхнього порогів (точки 4 та 5, див. рис. 2) усе більше ризик зриву гомеостатичної регуляції.

Аналіз численних публікацій [14; 15] свідчить, що хімічні елементи за дії різних концентрацій впливають на всі фізіологічні та біохімічні процеси і зумовлюють пригнічення росту та розвитку рослин (рис. 3). Ріст і розвиток тісно пов'язані між собою і, як правило, відбуваються паралельно. Так, за вирощування озимої пшениці саме витриманий баланс елементів, зокрема цинку, міді, зумовлює появу дружніх сходів і розвиток потужної кореневої системи за достатньої кількості вологи.

Для озимої пшениці Zn^{2+} є активатором ферментних систем і провокатором синтезу природного ауксину, бере участь у багатьох фізіологічних процесах, зокрема синтезі амінокислот і хлорофілу, фотосинтезі, обміні фітогормону ауксину, обміні вуглеводів та окисно-відновних

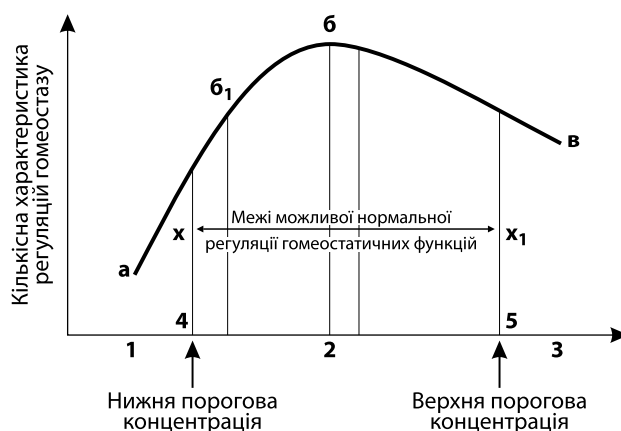


Рис. 2. Принципова БГХ модель гомеостатичних регуляторних процесів організму залежно від недостатнього (1), нормального (2) та надлишкового (3) вмісту хімічних елементів

Джерело: [13].

Примітка: Найбільш ймовірні: оптимальна (б) та фізіологічно мінімальна (б₁) потреби

процесах. Також цинк підвищує стресостійкість рослин до погодних умов, оскільки сприяє стабілізації дихальних процесів. Робить рослини менш уразливими до хвороб.

Мідь сприяє ефективнішому засвоєнню азоту, активнішому перебігу вуглеводного та

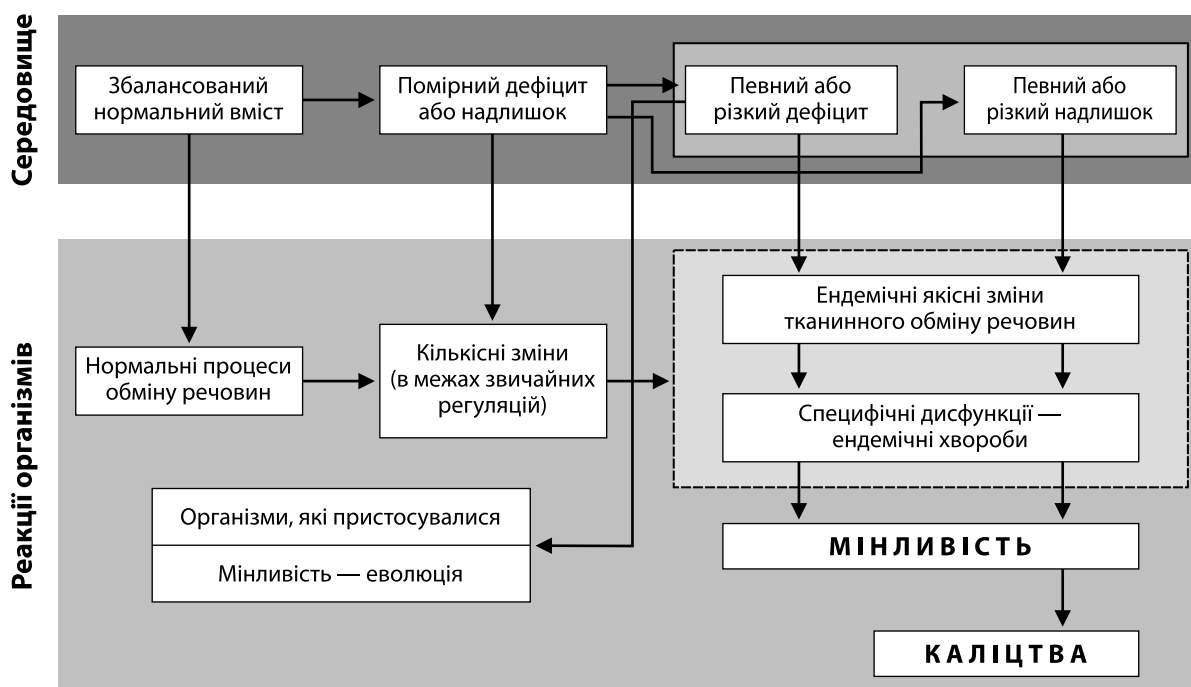


Рис. 3. Схема реакцій організмів, які викликаються різним вмістом хімічних елементів у середовищі

Джерело: [13].

білкового обміну. Крім цього, бере участь у процесах фотосинтезу і синтезу білків. Cu^{2+} допомагає уникнути вилягання, робить рослини більш жаро- та посухостійкими, підвищує імунітет до бактеріальних та грибкових хвороб. Осима пшениця найактивніше поглинає мідь у фази кущення-колосіння [16].

У таблиці 1 наводимо перелік ознак та причин дефіцитів хімічних елементів за вирошування озимої пшениці.

Численними науковими дослідженнями впродовж останніх десятиліть встановлено, що втрати врожаю пшениці озимої, обумовлені шкочинними об'єктами (фітофагами та патогенами) у початкові періоди вегетації культури, можуть сягати 30–50%. Особливу небезпеку пошкодження шкідниками та враження хворобами становлять у період тривалих стресових ситуацій у рослин, обумовлених абіотичними чинниками, які за останні роки значно почастишали (тривалі посухи, надмірні опади, різке коливання добових температур тощо). Також у кожній ґрунтово-кліматичній зоні формується відповідний комплекс збудників хвороб рослин. Окрім названих чинників, на характер поширення хвороб впливає також набір культур у сівозмінах, агротехніка, система застосування фунгіцидів [17].

Загалом, у межах Лісостепової зони є значні відмінності екологічних умов, складу збудників захворювань рослин. Ця зона характеризується контрастними температурами, кількістю річних опадів, сумою ефективних температур і гідротермічним коефіцієнтом (ГТК).

Лісостеп є перехідною зоною не тільки щодо географічних ландшафтів, а й щодо складу шкочинних організмів. На цій території зустрічаються як північні вологолюбні види, так і ті, що вимагають теплого, помірно вологого клімату. Внаслідок скорочення інкубаційного

періоду в умовах підвищення температур зростає репродуктивна здатність і шкочинність багатьох паразитних грибів, що поширюються влітку конідіями [18].

Зважаючи на це, нами було проведено моніторинг фітосанітарного стану посівів пшениці озимої залежно від досліджуваних елементів технології.

За інформацією Держпродспоживслужби [19], різними плямистостями охоплено 3–36% рослин зернових колосових. Основними хворобами пшениці озимої в ранньовесняний період у наших дослідженнях були фузаріозна коренева гниль (Київська обл. — 4%, Вінницька обл. — 3,5%) та борошниста роса (Київська обл. — 4–6%, Вінницька обл. — 12%).

Коренева гниль — хвороба, яка наразі стає однією з найбільш розповсюджених і шкочинних серед зернових колосових культур. Гриб роду *Fusarium* Link інфікує рослину за допомогою прямого проникнення в епідерміс молодого листя або через продири, утворюючи чітко обмежені, подовжені темно-коричневі плями, які зрідка досягають 1 см у довжину. Плями контрастують із зеленою тканиною листя.

Збудники корневих гнилей вражують кореневу і прикореневу частини стебла, часто провідну систему, внаслідок чого рослини стають недорозвинутими, із жовтими чи плямистими листками. У хворих рослин відмирають продуктивні чи стають ламкими стебла, спостерігається їхня пусто- й білоколосість, плюсклість зерна.

Діагностика корневих гнилей пшениці озимої ускладнюється тим, що ці хвороби викликаються комплексом збудників, які можуть бути неоднаковими в різних ґрунтово-кліматичних зонах. У зоні наших досліджень, залежно від району обстежень, спостерігається всі шість типів корневих гнилей — церкоспорельозна,

Таблиця 1

Дефіцит Zn^{2+} та Cu^{2+} в озимій пшениці

Хімічний елемент	Ознаки дефіциту	Причини дефіциту
Цинк	<ul style="list-style-type: none"> затримка росту і розвитку жовтий або оранжевий колір рослин на початкових фазах розвитку блідо-жовті смуги на листках паралельно прожилкам 	<ul style="list-style-type: none"> холодний і вологий ґрунт завищені норми фосфорного живлення висока кислотність ґрунту
Мідь	<ul style="list-style-type: none"> рослини відстають у рості втрачає форму, жовтіє і сохне верхівка колосу верхні частини молодих листків засихають та скручуються старі листки залишаються зеленими 	<ul style="list-style-type: none"> застосування високих доз азоту вапнякові або піщані ґрунти високий вміст гумусу в ґрунті

Джерело: [3].

ризоктоніозна прикореневі гнилі та офіобольозна, фузаріозна, гельмінтоспоріозна, питіозна кореневі гнилі. Однак найбільш поширеною є фузаріозна коренева гниль [20].

Збудником **борошнистої роси** є гриб *Blumeria graminis* (DC) Speer f. sp. *hordei* Em. Marchal, який уражує всі наземні органи рослин і впродовж вегетації може давати 10–20 безстатевих поколінь. Борошниста роса зменшує асиміляційну поверхню листків, руйнує хлорофіл та інші пігменти, в результаті чого погіршується інтенсивність фотосинтезу. За інтенсивного враження уповільнюється розвиток кореневої системи, знижується кущистість рослин, затримується колосіння, прискорюється дозрівання. Ця хвороба проявляється утворенням білого павутинного нальоту, який пізніше набуває борошнистого вигляду і розміщується на органах рослин щільними ватоподібними подушечками. На сході спочатку виявляють на піхвах листків у вигляді матових плям, далі наліт поширюється на листову пластинку, частіше з верхнього, а іноді з обох боків. З ростом рослин він переходить на листки і стебло, поступово ущільнюється, набуває жовто-сірого забарвлення, з'являються клейстотеції у вигляді чорних крапок. У сприятливі для розвитку хвороби роки наліт може з'явитися і на верхніх частинах рослин, у т. ч. на колосі [21; 22].

Досліджуючи вплив попередника на розвиток фузаріозної кореневої гнилі, слід відмітити, що на варіантах із конюшиною лучною двоукісною він становив 13,6 та 10,2% (перший і другий строк), тоді як після чорного пару — 10,4 та 6,3% відповідно, що істотно менше ($НІР_{0,05} = 3,1$). Такий ріст захворюваності після другого укусу багаторічних трав можна пояснити недостатньою мінералізацією рослинних решток конюшини, коренева система якої заселялась грибами роду *Fusarium*, водночас в умовах чорного пару ґрунт значною мірою очищається від патогена і, відповідно, характеризується кращим фітосанітарним станом.

На основі проведеного дисперсійного аналізу нами встановлено частки впливу досліджуваних факторів на розвиток фузаріозної кореневої гнилі. Основним чинником були строки сівби — 47,8%, попередники вливали дещо менше, але достатньо вагомо — 42,8%.

На розвиток борошнистої роси встановлено вплив строків сівби і попередників, але достовірно лише за першого строку сівби (частка впливу чинників — 70,0% і 17,4% відповідно). За першого строку сівби по конюшині лучній ураженість становила 27,7%, а за другого — 20,6%, різниця 7,1% істотна, $НІР_{0,05} = 4,1$.

Значний прояв симптомів борошнистої роси зумовлений тим, що на більш загущених

посівах, які є наслідком ранньої сівби, раніше настає сприятливий для розвитку патогена мікроклімат, а саме підвищена вологість повітря у приземній зоні фітоценозу, наявність парникового тепла.

За другого строку сівби достовірної різниці між попередниками в ураженості борошнистою росою не встановлено, однак спостерігалась певна тенденція до позначеного (на 1,7%) посилення розвитку хвороби після конюшини лучної.

Слід зазначити, що великий вплив на розвиток збудників хвороб також мають фізико-хімічні властивості ґрунту. Різні типи обробітку ґрунту суттєво змінюють його фізичні параметри, зокрема щільність, аерацію, вологість, температуру тощо. А чисельність шкідливих організмів, зокрема грибів, бактерій і вірусів, знижує зяблевий обробіток ґрунту.

За підготовки ґрунту під озиму пшеницю лушити стерню рекомендують одночасно зі збиранням хлібів або ж відразу після нього. Сходи падалиці є резерваціями багатьох збудників хвороб: бурі іржі, борошнистої роси, септоріозу, корневих гнилей та ін. Тому через 10–20 днів після появи сходів падалиці і бур'янів здійснюють оранку на глибину не менше 20–22 см, яка зумовлює загибель збудників хвороб [18; 19].

Загалом, імунітет рослин є біологічною особливістю, що зумовлює вивя у рослин стійкості проти збудників захворювання. Підбір стійких сортів і використання їх у виробництві слід здійснювати згідно із рекомендацій наукових центрів досліджень цієї проблеми, які виявляють рівні стійкості проти окремих хвороб або їх комплексу, щоб гарантувати високі врожаї без додаткового внесення фунгіцидів.

За вирощування сортів із підвищеною стійкістю до хвороб проведення захисних заходів зводиться до мінімуму, а отже, знижуються витрати на їх проведення, істотно зменшуються забруднення навколишнього природного середовища.

ВИСНОВКИ

Незамінним чинником живлення і розвитку рослин є хімічні елементи, що беруть участь у всіх фізіологічних процесах розвитку рослин, підвищують ефективність багатьох ферментів у рослинному організмі та поліпшують засвоєння рослинами елементів живлення із ґрунту. Більшість елементів є активними каталізаторами, що прискорюють біохімічні реакції та впливають на їх направленість. Саме тому такі елементи, як цинк та мідь, не можна замінити ніякими іншими речовинами, їх нестача може негативно вплинути на ріст і розвиток рослин.

Наразі фізіологічна мінімальна потреба в хімічних елементах і реальне їх поглинан-

ня, а також засвоєння організмом, величина середньої оптимальної потреби, які визначає смністю гомеостатичних регуляторних процесів та здатності до депонування, утворюють складну динамічну систему взаємопов'язаних адаптаційно-екологічних властивостей організму.

Згідно із результатами проведеної оцінки, встановлено залежність розвитку фузаріозної кореневої гнилі від попередника. А також

встановлено вплив попередника на враженість рослин пшениці озимої борошністою росю лише за умови першого строку сівби.

Стійкість сортів до збудників виявлених хвороб серед досліджуваних сортів озимої пшениці виявлено незначне, що засвідчує необхідність постійного фітосанітарного контролю розвитку цих патогенів і пошуку нових надійних джерел стійкості до них.

ЛІТЕРАТУРА

1. Карасюк І.М., Геркіял О.М., Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: Вища школа, 1995. 471 с.
2. Кабата-Пендіас А., Пендіас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Москва: Мир, 1989. 439 с.
3. Єгорова Т.М. Екологічна геохімія агроландшафтів України: моногр. / за ред. О.І. Фурдичка. Київ: ДІА, 2018. 264 с.
4. Єгорова Т.М. Біогеохімічні пріоритети агроекологічних досліджень. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 28–35.
5. Чумаченко І.К. Применение микроудобрений. *Химизация с/х*. 1990. № 1. С. 23–24.
6. Копілевич В.А., Войтенко Л.В. Методичні рекомендації щодо одержання та використання нових комплексних сполук, що містять аміачний азот, фосфати та мікроелементи (мідь, цинк, кобальт, нікель) для живлення рослин і тварин. Київ: НУБіП, 2009. 33 с.
7. Ландін В.П., Тараріко М.Ю. Традиційна і альтернативна технології відтворення енергопотенціалу радіоактивно забруднених ґрунтів. *Збалансоване природокористування*. 2015. № 3. С. 42–46.
8. Вашкулат Н.П., Пальгов В.И., Спектор Д.Р. и др. Установление уровней содержания тяжелых металлов в почвах Украины. *Довкілля та здоров'я*. 2002. № 2 (21). С. 44–46.
9. Трахенберг И. Книга о ядах и отравлениях. Київ: Наукова думка, 2000. 366 с.
10. Дмитрук Ю.М., Бербець М.А. Основи біогеохімії: навч. посіб. Чернівці: Книги–ХХІ, 2009. 288 с.
11. Дорохов В.І., Павлюк Г.В., Федішин Б.М. Біогеохімія: навч. посіб. Житомир: Полісся, 2004. 154 с.
12. Ковальський В.В. Геохимическая среда и жизнь. Москва, 1982. 78 с.
13. Войтенко Л.В. Хімія з основами біогеохімії: навч. посіб. Київ: Наукова столиця. 2019. 400 с., іл.
14. Гришко В.М., Сыщиков Д.В. Функционирование глутатионзависимой антиоксидантной системы и устойчивость растений при действии тяжелых металлов и фтора. Киев: Наукова Думка, 2012. 238 с.
15. Гуральчук Ж.З. Механизмы устойчивости растений к тяжелым металлам. *Физиология и биохимия культурных растений*. 1994. № 26 (2). С. 107–117.
16. Найважливі мікроелементи для зернових культур. URL: <https://plantagroup.com/news/64-nadvazhlyvi-microelementy-dlya-zernovyh> (дата звернення: 04.03.2022).
17. Леонтьева Т.Л., Ямалеев А.М. Влияние вредителей на количество и качество урожая озимой пшеницы. *Зерновые культуры*. 1998. № 4. С. 24–26.
18. Пінчук Н.В., Вергелес П.М., Коваленко Т.М., Окрушко С.С. Загальна фітопатологія: навч. посіб. / за ред. Н.В. Пінчук. Вінниця, 2018. 272 с.
19. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів України та рекомендації щодо захисту рослин у 2022 р. Київ, 2022. 329 с.
20. Крючкова Л.О., Грицюк Н.В. Кореневі гнилі пшениці озимої — поширення в Північному Лісостепу України. *Карантин і захист рослин: науково-виробничий журнал*. 2014. № 2 (211). С. 9–12.
21. Терещук Ю.В. Збудник борошністої роси — динаміка вірулентності на озимому ячмені в Північному Лісостепу України. *Карантин і захист рослин: науково-виробничий журнал*. 2013. № 3 (204). С. 3–5.
22. Марков І., Заремба В. Як шкодять пшениці озимій хвороби і де зберігаються в зимовий період їхні збудники? *Пропозиція*. 2016. № 11. С. 78–82.

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИФИЧНОСТЬ В ЛЕСОСТЕПОВОЙ ЗОНЕ СТРАНЫ

Shumyhai I.

Candidate of Agricultural Science

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS (Kyiv, Ukraine)

e-mail: innashum27@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>

Yermishev O.

Candidate of Biological Science, Docent

Vasyl Stus Donetsk National University (Vinnytsia, Ukraine)

e-mail: oyermishev@donnu.edu.ua;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5854-9678>

Manishevskan N.

Teacher

Detached Subdivision “Boyarka Professional College
of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine”
(Boyarka-2, Kyiv Region, Ukraine)
e-mail: manishevskan@ukr.net

Living organisms need all chemical elements in trace amounts, but exceeding their regulatory concentrations can have a toxic effect. The toxicity of heavy metals is due to their ability to accumulate in living organisms, to be included in the metabolic cycle and to form highly toxic organometallic compounds. Therefore, the article analyzes the distribution of chemical elements, in particular heavy metals, in the soil and plants of the Forest-Steppe zone. It should be remembered that the influence of deficiency and excess of zinc and copper can cause endemic disorders in plant organisms. Winter wheat plants affected by fusarium root rot viruses and powdery mildew were found in research farms. The distribution and development of diseases in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine was studied. Diagnostic signs of diseases and features of their causative agents are also clarified.

Keywords: biogeochemical research, accumulation of heavy metals, winter wheat, endemic diseases, root rot, powdery mildew.

REFERENCES

1. Karasyuk, I.M., Herkiyal, O.M. & Gospodarenko, H.M. (1995). *Ahrokhimiia [Agrochemistry]*. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian].
2. Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. (1989). *Mikroelementy v pochvakh i rastenyakh [Trace elements in soils and plants]*. Moscow: Mir [in Russian].
3. Yehorova, T.M. & Furdychko, O.I. (Ed.). (2018). *Ekolohichna heokhimiia ahrolandaftiv Ukrainy: monohrafiia [Ecological geochemistry of agricultural lands of Ukraine: monograph]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
4. Yehorova, T.M. (2017). Bioheokhimichni priorytety ahroekolohichnykh doslidzhen [Biogeochemical priorities of agroecological research]. *Ahroekolohichni zhurnal — Agroecological journal*, 1, 28–35 [in Ukrainian].
5. Chumachenko, I.K. (1990). Primenenie mikroudobreniy [The use of microfertilizers]. *Khimizatsiya selskogo khozyaystva — Chemicalization of agriculture*, 1, 23–24 [in Russian].
6. Kopilevych, V.A. & Voytenko, L.V. *Metodychni rekomendatsii shchodo oderzhannta ta vykorystannia novykh kompleksnykh spolk, shcho mistiat amiachnyi azot, fosfaty ta mikroelementy (mid, tsynk, kobalt, nikel) dlia zhyvlennia roslin i tvaryn [Methodical recommendations for obtaining and using new complex compounds containing ammonia nitrogen, phosphates and trace elements (copper, zinc, cobalt, nickel) for plant and animal nutrition]*. Kyiv: NUBiP [in Ukrainian].
7. Landin, V.P. & Tarariko, M.Yu. (2015). Tradytsiina i alternatyvna tekhnolohii vidtvorennia enerhopotentsialu radioaktyvno zabrudnenykh gruntiv [Traditional and alternative technologies for reproducing the energy potential of radioactively contaminated soils]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced nature using*, 3, 42–46 [in Ukrainian].
8. Vashkulat, N.P., Palgov, V.I., Spektor, D.R. et al. (2002) Ustanovlenie urovney sodержaniya tyazhelykh metallov v pochvakh Ukrainy [Establishment of levels of heavy metals in the soils of Ukraine]. *Dovkillia ta zdorovia — Environment and health*, 2 (21), 44–46 [in Russian].
9. Trakhenberg, I. (2000). *Kniga o yadakh i otravleniyakh [A book about poisons and poisonings]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
10. Dmytruk, Yu.M. & Berbets, M.A. (2009). *Osnovy bioheokhimi: navchalnyi posibnyk [Basics of biogeochemistry: tutorial]*. Chernivtsi: Knyhy–XXI [in Ukrainian].
11. Dorokhov, V.I., Pavlyuk, H.V. & Fedyshyn, B.M. (2004). *Bioheokhimiia: navchalnyi posibnyk [Biogeochemistry: tutorial]*. Zhytomyr: Polissia [in Ukrainian].
12. Kovalsky, V.V. (1982). *Geokhimicheskaya sreda i zhizn [Geochemical environment and life]*. Moscow [in Russian].
13. Voytenko, L.V. (2019). *Khimiia z osnovamy bioheokhimi: navchalnyi posibnyk [Chemistry with the basics of biogeochemistry: tutorial]*. Kyiv: Naukova stolytsia [in Ukrainian].
14. Grishko, V.M. & Syschikov, D.V. (2012). *Funktsionirovanie glutationzavisimoy antioksidantnoy sistemy i ustoychivost rasteniy pri deystvii tyazhelykh metallov i ftora [Functioning of the glutathione-dependent antioxidant system and plant resistance to the action of heavy metals and fluorine]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
15. Guralchuk, Zh.Z. (1994). Mekhanizmy ustoychivosti rasteniy k tyazhelym metallam [Mechanisms of plant resistance to heavy metals]. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rasteniy — Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 26 (2), 107–117 [in Russian].
16. Nadvazhlyvi mikroelementy dlia zernovykh kultur [Essential trace elements for grain crops]. (n.d.). URL: <https://plantagroup.com/news/64-nadvazhlyvi-mikroelementy-dlya-zernovykh> [in Ukrainian].
17. Leontyeva, T.L. & Yamaleyev, A.M. (1998). Vliyanie vreditel'ey na kolichestvo i kachestvo urozhaya ozimoy pshenitsy [Influence of pests on the quantity and quality of winter wheat crop]. *Zernovye kul'tury — Cereal crops*, 4, 24–26 [in Russian].
18. Pinchuk, N.V. (Ed.), Verheles, P.M., Kovalenko, T.M. & Okrushko, S.Ye. (2018). *Zahalna fitopatolohiia:*

- navchalnyi posibnyk [General phytopathology: tutorial]. Vinnytsya [in Ukrainian].*
19. State service of Ukraine on security issues of food and consumer protection (2022). *Prohnoz fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv Ukrainy ta rekomendatsii shchodo zakhystu roslын u 2022 r. [Forecast of the phytosanitary state of agrocenoses of Ukraine and recommendations for plant protection in 2022].* Kyiv [in Ukrainian].
 20. Kryuchkova, L.O. & Hrytsyuk, N.V. (2014). Korenevi hnyli pshenytsi ozymoi — poshyrennia v Pivnichnomu Lisostepu Ukrainy [Root rot of winter wheat — distribution in the Northern Forest-Steppe of Ukraine]. *Karantyn i zakhyst roslын: naukovo-vyrobnychyi zhurnal — Quarantine and plant protection: scientific and industrial journal*, 2 (211), 9–12 [in Ukrainian].
 21. Tereshchuk, Yu.V. (2013). Zbudnyk boroshnystoi rosy — dynamika virulentnosti na ozymomu yachmeni v Pivnichnomu Lisostepu Ukrainy [The causative agent of powdery mildew — virulence dynamics on winter barley in the Northern Forest Steppe of Ukraine]. *Karantyn i zakhyst roslын: naukovo-vyrobnychyi zhurnal — Quarantine and plant protection: scientific and industrial journal*, 3 (204), 3–5 [in Ukrainian].
 22. Markov, I. & Zarembo, V. (2016). Yak shkodiat pshenytsi ozymii khvoroby i de zberihaiutsia v zymovyi period yikhni zbudnyky? [How do winter diseases harm wheat and where are their pathogens stored during the winter?]. *Propozytsiia — Offer*, 11, 78–82 [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Шумигай Інна Вікторівна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроекології і природокористування НААН (вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна; e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0432-2651>)

Єрмішев Олег Вячеславович, кандидат біологічних наук, доцент, Донецький національний університет імені Василя Стуса (вул. 600-річчя, 21, м. Вінниця, 21000, Україна; e-mail: o.yermishev@donnu.edu.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5854-9678>)

Манішевська Надія Миколаївна, викладачка, Відокремлений структурний підрозділ “Боярський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України” (вул. Сільгосптехнікум, 30, м. Боярка-2, Києво-Святошинський р-н, Київська обл., 08152, Україна; e-mail: manishevskan@ukr.net)

НОВИНИ

НОВИНИ

НОВИНИ • НОВИНИ • НОВИНИ

Верховна Рада ухвалила в цілому законопроект «Про Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів» (№ 6477), який створює підґрунтя для досягнення європейських стандартів у галузі охорони довкілля. Про це повідомляє Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів. Як зазначають у міністерстві, Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів (РВПЗ) стане єдиною державною онлайн-системою даних. На цифровій мапі відображатимуть усі підприємства-забруднювачі та інформацію про них. Крім того, національний реєстр буде інтегрований з відповідним європейським реєстром.