УДК [502.521:550.4]:631.4

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХІМІЧНІ ЧИННИКИ ВІДНОВЛЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ В МОНІТОРИНГУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ЗЕМЕЛЬ

Т.М. Єгорова

Інститут агроекології і природокористування НААН

Проведено регіональний ландшафтно-геохімічний аналіз біомаси і продуктивності агрокультур порівняно із природними фітоценозами України. Здійснено оцінку динаміки інтенсивності біогенної міграції як чинника відновлення біорізноманіття. Розглянуто природний баланс есенційних мікроелементів на сільськогосподарських землях України за оцінками їх нестачі і надлишку. Визначено типоморфні мікроелементи та встановлено регіональну нестачу Mo за надлишку Zn у харчових ланцюгах ландшафтів орних земель. Особливості природно-техногенної міграції свідчать про можливість відновлення природних біогеохімічних процесів у лісостепових і північно-степових агроландшафтах України.

Ключові слова: *геохімія ландшафтів, агроландшафти, міграція, фітомаса, есенційні мікроелементи.*

Процес зниження біорізноманіття набув актуальності для всіх держав Європи. Ґрунтова Директива ЄС та Ради Європи розглядає це як чинник загальної деградації ґрунтів [1]. Площі ландшафтів України, що зберегли природні фітоценози, становлять від 70–80% на території Карпат до 5–15% у межах степової зони. Зауважимо, що світовий досвід визначає біологічну збалансованість територій за умови наявності не менше 50–70% природних екосистем. Однак навіть незначні площі природних екосистем і стабілізуючих компонентів агроландшафтів України (багаторічні насадження, сіножаті, пасовища) відповідають незадовільному та критичному екологічному стану [2]. Критичний стан таких екосистем вимагає від політиків, аграріїв, лісгоспів, екологів ретельного вивчення цієї проблеми і зваженого наукового обґрунтування кожного заходу.

Відновлення біологічного і ландшафтного біорізноманіття є стратегічним напрямом збалансованого розвитку України. Одним із чинників відновлення біорізноманіття є аналіз ландшафтно-геохімічних і екологічних особливостей територій, що будуть включені до регіональних програм відновлення довкілля. Системне вивчення цих особливостей можна здійснювати під час ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України [3].

Дослідження екосистем та розв'язання їх екологічних проблем на рівні хімічного стану є предметом вивчення екологічної геохімії — прикладного напряму науки про міграцію хімічних елементів у компонентах біосфери (ґрунтах, водах, атмосферному повітрі, гірських породах). Теоретичне обґрунтування цього напряму було закладено у 70-х рр. XX століття працями М.А. Глазовської, О.І. Перельмана, К.І. Лукашова, Н.П. Солнцевої, К.Є. Пітьєвої, присвяченими міграції техногенних потоків речовин у екосистемах та ландшафтах. Починаючи з 80-х рр. XX століття, екологічна геохімія здобула світового визнання завдяки широким можливостям вирішення най-

© Т.М. Єгорова, 2013

важливіших питань взаємозалежності між фізіологічним станом тварин і здоров'ям населення, геохімічними особливостями навколишнього природного середовища та ланок біогеохімічного ланцюга (природні води, культурні і природні рослини, ґрунти, атмосферне повітря). Впродовж останніх 15 років цей напрям активно розвивається вченими Росії, Республіки Білорусь, Литовської Республіки, Республіки Молдова [4–6].

Вагомим внеском у екологічну геохімію України є дослідження Інституту фізіології рослин і генетики НАН України, де під керівництвом П.А. Власюка було доведено взаємообумовленість фізіологічного стану сільськогосподарських культур їх хімічним складом, типом ґрунтового покриву та поширенням рухомих форм есенційних мікроелементів — Cu, Co, Mo, Pb, Mn, B та ін [4]. За особливостями комплексного засвоєння рослинами і тваринами есенційних мікроелементів, П.А. Власюком було виділено чотири біогеохімічні зони: західну — з недостатньо повною засвоюваністю рослинами Co, Zn, іноді Mn та Cu; північно-західну — з недостатньо повним вмістом рухомих форм Zn, Co, іноді Cu, Mn; центральну — з недостатньо повним вмістом Zn, Mn, іноді Co, Cu; південну — якій бракує Co, Zn та іноді Mn. Визначені П.А. Власюком біогеохімічні зони України за своїм змістом та територіальною розповсюдженістю були наближені до біогеохімічних регіонів, описаних радянським екологом і геохіміком В.В. Ковальським — засновником геохімічної екології, що розвив біогеохімічні ідеї В.І. Вернадського та його учнів.

Відновлення біорізноманіття на сільськогосподарських землях розглядається нами як відновлення процесів природної біогенної міграції у системі «ґрунт — рослина», регіональне вивчення яких має розширити коло завдань ґрунтово-агрохімічного моніторингу [3]. Метою проведених досліджень є оцінка динаміки загальної інтенсивності біогенної міграції та особливостей харчових ланцюгів есенційних мікроелементів на орних землях різних геохімічних ландшафтів України, а також вибір нових параметрів для ґрунтово-агрохімічного моніторингу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методика досліджень базується на принципах геохімії ландшафтів і екологічної геохімії, синтез яких відображає розроблена і впроваджена автором нова методологія регіональних еколого-геохімічних досліджень [6–8]. Основою методології була класифікація чинників формування ландшафтів, вибір інформативних параметрів їх екологічної оцінки, регіональне і локальне ландшафтно-геохімічне районування території України.

Особливості методології обумовлено розрахунком і оцінкою визначальних параметрів процесів природної і антропогенної (у межах агроландшафтів) біогеохімічної міграції поживних елементів на основі значень загальної фітомаси і надземної продуктивності природних ґрунтово-рослинних формацій, загальної і надземної продуктивності сільськогосподарської рослинності для територій регіональних геохімічних ландшафтів України. Наголосимо, що порівняно із біомасою, продуктивність фітомаси є інтегрованою оцінкою біогенної міграції, на яку істотно впливають загальні маси хімічних елементів у процесах як природного, так і техногенного біологічного кругообігу. В процесі досліджень нами здійснено порівняння первинної природної інтенсивності біогенної міграції (відповідно до фітомаси і продуктивності природних фітоценозів) із вторинною сільськогосподарською (залежно від продуктивності поширених у ландшафтах агроценозів). На цих підставах виділено території, що потребують першочергового відновлення стабілізуючих екосистем у агроландшафтах.

Біогеохімічні особливості деревних і трав'яних рослинних угруповань регіональних ландшафтів визначали за коефіцієнтами біогенної міграції, які розраховували за методикою О.І. Перельмана [7, 8].

Біогеохімічну оцінку харчових ланцюгів есенційних мікроелементів для сільськогосподарських земель України викона-

но за методикою В.В. Ковальського [7, 9]. Відповідно до методики, отримані автором середньостатистичні показники вмісту Cu, Co, Mo, Zn, Mn, Sr у ґрунтах сільськогосподарських ландшафтів України порівнювали із інтервалами їх порогових концентрацій у ґрунтах (верхніми і нижніми) для нормального функціонування живих організмів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Ландшафтно-геохімічне районування сільськогосподарських земель обумовлено регіональними кліматичними, рослинно-ґрунтовими, морфоструктурними і геологічними особливостями території України, які узагальнює карта регіональних геохімічних ландшафтів (рисунок) [7, 9].

На території України загальну фітомасу природної рослинності визначає широтна біокліматична зональність, яку репрезентують 15 рослинно-ґрунтових формацій [9]. З півночі на південь України загальна фітомаса (Б) зменшується у 20 разів і становить: для соснових та широколистяно-соснових лісів (карпатські і поліські ландшафти лісової зони) — 300–400 т/га; для широколистяних лісів, лугових степів та остепнених лук (подільські і авратинські ландшафти лісостепової зони) — 370–25; для різнотрав'яно-типчаково-ковилового степу (стародубські і південнобузькі ландшафти півночі степової зони) — 80–20 т/га; для типчаково-ковилового та пустельно-полинно-злакового степу (приазовські і керченські ландшафти півдня степової зони) — 20 т/га.

На відміну від загальної фітомаси, надземна продуктивність природних фітоценозів (П) України не підпорядковується біокліматичній зональності, має доволі складний характер і коливається від 13 т/га для фітоценозів північного степу до 4–3,5 т/га у рік у мішаних лісах. Відповідно

Регіональні геохімічні ландшафти України та типоморфні макроелементи геохімічної міграції (Єгорова, 1991)

до надземної продуктивності природних фітоценозів, регіональні геохімічні ландшафти України ранжовано нами за первинною (природною) інтенсивністю біогенної міграції хімічних елементів: авратинські, верхньодонські, айдарські (П = 13 т/га × × рік), арчединські (П = 12 т/га × рік); трубізькі, подільські, карпатські (П = 12–13 т/га × рік); стародубські (П = 8–13 т/га × × рік), керченські, приазовські ландшафти (П = 9 т/га × рік); кодри, південнобузькі, самарські, донецькі, причорноморські, хоперські, сімферопольські, тарханкутські (П = 8 т/га × рік); чернігівські (П = 8–3,5 т/га × рік); поліські, коростенські, моршанські, кримські (П = 7,5 т/га × рік); пінські (П = 4–3,5 т/га × рік).

Про регіональні зміни інтенсивності біогенної міграції хімічних елементів свідчить порівняння продуктивності фітоценозів і агроценозів для однорідних ландшафтно-геохімічних умов.

За даними про склад і врожайність сівозмін (Держстат України, Украгропром, 1990) нами було проаналізовано продуктивність агроценозів (Па) для територій регіональних геохімічних ландшафтів України. Найвищих показників сукупна продуктивність досягає на місці лучних степів (Па = 20,9 т/га при П = 7,2 т/га × рік) та широколистяних лісів (Па = 19,1 т/га при П = 6,6 т/га × рік), а найнижчих — у пустельно-злаковому степу (Па = 9,5 т/га при П = 0,6 т/га × рік).

Порівняння інтенсивності первинної і вторинної біогенної міграції свідчать про істотне її зростання у межах агроценозів. Це своєю чергою зумовлює збільшення маси зольних елементів у біогеохімічних циклах орних земель порівняно із природним станом ландшафтів.

Поряд із тим регресивний аналіз співвідношення продуктивності природних фітоценозів і агроценозів виявив між ними значущий поліномінальний зв'язок на рівні $R^2 = 0,8$.

Високий мінеральний статус ґрунтів є визначальним чинником хімічного складу рослин, важливим аспектом якості харчових продуктів і кормів та засобом підвищення їх харчової цінності [11]. Спільними рисами фітоценозів більшості ландшафтів України є інтенсивне біогенне поглинання Zn, Co, Cu, Mo, Pb, Ba: їх коефіцієнти біологічного поглинання (Ах) варіюють у межах 1,1–92. Біогенне розсіювання (біогенний захват) характеризує міграцію у всіх ландшафтах Cr, V, Ti: Ах = 0,1–0,8. Слід відмітити, що саме останню групу елементів відносять до таких, що не є необхідними для рослин [11].

Біогенна концентрація деяких мікроелементів у рослинності може зростати у 10–100 разів (Ах = 20–90) у специфічних фізико-хімічних умовах певних ландшафтів або у разі певної геохімічної спеціалізації ґрунтоутворювальних і підстилкових гірських порід. Інтенсивне біогенне поглинання вказує на специфічні типоморфні мікроелементи біогенної міграції у досліджених ландшафтах. До них належать, зокрема: Mo і Cu у глейових умовах пінських ландшафтів; Ba і Mo у карбонатних умовах подільських ландшафтів; Pb, Ba і Cu у карбонатно-натрових умовах приазовських ландшафтів; Ba — у коростенських ландшафтах; Ba, Sr — у південнобузьких. Підвищена рухомість специфічних мікроелементів біогенної міграції може бути зумовлена як їх еволюційною нестачею у біогеохімічних ланцюгах (наприклад, унаслідок їх зв'язування на латеральних бар'єрах), так і бути результатом хімічної деградації ґрунтів України. Як наслідок, це може спричиняти їх активну техногенну концентрацію у рослинності саме цих регіональних ландшафтів.

Між хімічним складом трав'яних та деревних фітоценозів регіональних геохімічних ландшафтів існує значуща лінійна кореляція: коефіцієнт лінійної кореляції для есенційних мікроелементів варіює у межах 1,0–0,6. Типоморфні мікроелементи визначають головний зміст біогенної міграції для фітоценозів ландшафтів. Моніторинг умісту рухомих форм типоморфних мікроелементів у ґрунтовому покриві відповідних ландшафтно-геохімічних умов є чинником для відновлення природного біорізноманіття на сільськогосподарських

Біогеохімічна оцінка ґрунтів сільськогосподарських земель геохімічних ландшафтів України

Сільськогосподарські землі	Регіональні геохімічні ландшафти	Біогеохімічні особливості харчових ланцюгів за мікроелементами	
		нестача	надлишок
Орні землі	айдарські	Mo	Zn
	донецькі	Mo, Co	Zn
	моршанські	Mo, Co, Mn	Не визначено
	мукачівські	Mo, Co, Mn	Zn
	південнобузькі	Mo	Zn
	подільські	Mo	Zn
	поліські	Mo, Co	Zn
	приазовські	Не визначено	Zn
	сімферопольські	Mo, Mn	Не визначено
	хоперські	Mo	Zn
Землі багаторічних культур	подільські	Mo	Zn
	приазовські	Mo	Zn
	причорноморські	Mo	Zn

землях України. Поряд із типоморфними мікроелементами фітоценозів специфічні риси сільськогосподарських земель обумовлюються нестачею і надлишком мікроелементів у ґрунтовому покриві ландшафтів (таблиця).

Уміст Cu і Sr у ґрунтах ландшафтів України (відповідно 6–60 мг/кг і менше 600 мг/кг) відповідає нормі і сприяє нормальному функціонуванню біоценозів.

Уміст Mo, Co, Mn у ґрунтах більшості ландшафтів (відповідно менше 4, 30, 3000 мг/кг) свідчить про їх нестачу у харчових ланцюгах і може спричиняти розвиток значної низки неінфекційних фітопатологій і гіпомікроелементозів ендемічного походження. За нестачі Co відбувається загальне послаблення імунно-біологічних властивостей у тварин та людини, поширюються акобальтози, гіпо- та авітамінози B_{12}. Нестача Mo негативно проявляється під час утворення хлорофілу внаслідок порушення азотного обміну — на листі з'являється пожовклість або блідо-коричнева забарвленість та некротичні плями, цвітіння та утворення насіння уповільнюються.

Уміст Zn у ґрунтах (понад 70 мг/кг) свідчить про його регіональний надлишок у харчових ланцюгах ландшафтів України. Аналіз продукції рослинництва у різних ландшафтах, за даними Н.В. Палапи (2012), свідчить про спадковість виявленого надлишку Zn, що проявляється високим вмістом цього есенційного мікроелемента у картоплі, моркві, буряку. Наприклад, у коростенських ландшафтах (Житомирська обл.) уміст Zn у сухій речовині вказаних культур становить 18–86 мг/кг, що перевищує допустимий для сільгосппродукції рівень (10 мг/кг) від 2-х до 9 разів [1]. Надлишок Zn у рослинах спричиняє дрібнолисту або розеткову хвороби плодових культур, а також специфічні форми отруєння тварин і людини [8].

ВИСНОВКИ

Порівняння інтенсивності природної (первинної) і антропогенної для агроценозів (вторинної) біогенної міграції свідчить про істотне зростання інтенсивності біогенної міграції у межах агроландшафтів та відповідно до цього — збільшення маси зольних елементів у біогеохімічних циклах орних земель порівняно із природними ландшафтами. Крім того, значущий поліномінальний зв'язок продуктивності

фітоценозів природних та агроландшафтів свідчить про можливість відновлення природних умов біогенної міграції та природних фітоценозів у межах сільськогосподарських земель України.

Визначені асоціації типоморфних мікроелементів біогенної і ґрунтової міграції у досліджених ландшафтах характеризують еколого-геохімічні особливості відтворення рослинних угруповань. Під час планування заходів та вибору рослин як для відновлення біорізноманіття сільськогосподарських земель, так і лісомеліорації на еродованих землях необхідно враховувати нестачу у харчових ланцюгах Mo, Co, Mn і надлишок Zn, а також типоморфні мікроелементи біогенної міграції.

Узагальнення матеріалів ґрунтово-агрохімічного моніторингу на ландшафтно-геохімічній основі надає можливість відокремити провідні природні і техногенні особливості поширення важких металів у системі «ґрунт — рослина». З метою підвищення інформативності моніторингу сільськогосподарських угідь, доцільно проводити комплексний екологічний аналіз вмісту Mo, Co, Mn, Zn, Ba, Cu, Sr у біогеохімічних ланцюгах із визначенням відповідних рослинних угруповань для відтворення біорізноманіття.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Палапа Н.В.* Основні складові методики оцінювання екологічного стану селітебних агроекосистем / Н.В. Палапа // Агроекологічний журнал. — 2012. — № 2. — С. 50–53.
2. *Фурдичко О.І.* Основи управління агроландшафтами України / О.І. Фурдичко, А.П. Стадник. — К.: Наука, 2012. — 384 с.
3. Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України / За ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера. — К.: КНД, 1994. — 160 с.
4. *Власюк П.А.* Биологические микроэлементы в жизнедеятельности растений / П.А. Власюк. — К.: Наук. думка, 1992. — 144 с.
5. *Буренков Э.К.* Эколого-геохимические исследования в ИМГРЭ — прошлое, настоящее, будущее / Э.К. Буренков, Е.П. Янин // Прикладная геохимия. — 2001. — Вып. 2. — М.: ИМГРЭ. — С. 5–24. — (Экологическая геохимия).
6. Микроэлементы в сельском хозяйстве / Под. ред. С.Ю. Булыгина. — Днепропетровск: Сич, 2007. — 100 с.
7. *Єгорова Т.М.* Ландшафтно-геохімічна структура території України як методологічна основа еколого-геохімічних досліджень / Т.М. Єгорова // Екологія та охорона довкілля. — 2003. — № 2. — С. 71–77.
8. *Єгорова Т.М.* Основи біогеохімії: навч. посібник / Т.М. Єгорова, В.М. Ісаєнко. — К.: Вид-во НАУ, 2006. — 168 с.
9. *Єгорова Т.М.* Ландшафтна екологія України: підручник / Т.М. Єгорова. — Кам'янець-Подільський: ПП «Заволейко», 2009. — 192 с.
10. *Базилевич Н.И.* Географические аспекты изучения биологической продуктивности / Н.И. Базилевич, Л.Е. Родин, Н.Н. Розов. — Л.: Наука, 1970. — 24 с.
11. *Мельничук С.Д.* Комплексне забезпечення життєдіяльності людини мікроелементами — проблеми та шляхи розв'язання / С.Д. Мельничук, Л.І. Моклячук, М.В. Драга // Агроекологічний журнал. — 2012. — № 2. — С. 24–27.