

ВПЛИВ ПРИРОДИ ЕКСТРАГЕНТА НА ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ У ҐРУНТІ**О. Гавриленко, к. вет. н.**

ORCID ID: 0000-0003-2837-6950

Н. Сонько

ORCID ID: 0000-0003-4521-5024

О. Заславський, д. хім. н.

ORCID ID: 0000-0001-8545-5554

С. Станіславів

ORCID ID: 0000-0003-2726-3671

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»<https://doi.org/10.31734/agronomy2022.26.177>**Гавриленко О., Сонько Н., Заславський О., Станіславів С. Вплив природи екстрагента на визначення вмісту елементів живлення у ґрунті**

Для забезпечення якісного оцінювання ґрунтових ресурсів з метою їх ефективного використання необхідне удосконалення вітчизняних, а також апробація та імплементація світових методик аналізу вмісту елементів живлення. Проведено комплексний аналіз ґрунту, що дозволяє змоделювати процеси, які в ньому відбуваються при вирощуванні сільськогосподарської продукції, та оптимізовано кількість добрив, необхідних для отримання стабільного врожаю.

Досліджено вплив типу екстрагента, в рамках прийнятих методик оцінки якості ґрунту, на числові розбіжності визначених кількостей елементів живлення у ґрунті. У ході аналізу доступних для живлення рослин форм елементів живлення ґрунту використано загальноприйняті фізико-хімічні лабораторні методи, зокрема: рН-метрію, спектрофотометричний, атомно-абсорбційний, полуменеву фотометрію та статистичну обробку експериментальних даних.

Встановлено вміст макро- та мікроелементів семи зразків 123 агрогруп лужно-черноземних слабосолонцюватих ґрунтів, відібраних у Бориспільському районі Київської області. Застосовано різні екстрагенти для оцінки ефективності вилучення макро- та мікроелементів з ґрунту. Аналіз отриманих даних свідчить про потребу в подальших наукових дослідженнях для впровадження у практику репрезентативної універсальної шкали градації фактичного вмісту доступних форм поживних елементів.

Доведено, що стандартизовані методики, які використовують в агрохімічній паспортизації угідь в Україні, дають змогу отримати числові значення кількості елементів у ґрунтах, достатні для оцінки їхньої якості. Утім аналіз деяких мікроелементів у край ускладнений через катастрофічне збіднення ґрунтів на них. Встановлення їхніх концентрацій потребує застосування ефективніших екстрагентів і створення досконалих шкал градації показників.

Ключові слова: агрохімічна паспортизація, рухомий фосфор, обмінний калій, мікроелементи, рН-метрія, екстракція, кореляція.

Havrylenko O., Sonko N., Zaslavskiy O., Stanislaviv S. The influence of the extractant nature on determination of the nutrient content in soil

To provide qualitative assessment of soil resources for their effective utilization it is necessary to harmonize domestic and world methods for analysis of the content of living elements. Carrying out a comprehensive analysis of the soil allows to simulate the processes occurring in it during cultivation of agricultural products and to optimize the amount of fertilizers needed to obtain stable yields.

The method used in the research suggested studying the influence of the type of extractant, within the framework of the accepted methods of assessing the quality of validity, on the basis of which the quantities of nutrients in the validity were found. The analysis of the exchange forms of living organisms in the nutrient compounds was carried out using common physical and chemical laboratory methods, namely: pH-metry, spectrophotometry, atomic absorption, semi-wave photometry, and statistical processing of experimental data.

We determined the content of macro- and microelements in 7 samples of 123 agrogroups of alkaline black low saline soil, selected in Boryspil district of Kyiv region. The investigation was carried out with the use of different extractants to estimate the efficiency of macro- and microelements extraction from the soil. Analysis of the obtained data confirms the need to conduct the further scientific research in order to create a universal gradation scale.

On the basis of the analysis of the obtained data the authors can assert that the methods which are used for agrochemical certification of Ukraine make it possible to receive numerical values of the quantity of elements in the soil which are enough for the assessment of its quality.

At the same time, the analysis of some microelements is extremely complicated, due to the catastrophic accumulation of soil on them. Determination of their concentrations requires the use of more efficient extractants and creation of unrefined gradation scales.

Key words: agrochemical certification, mobile phosphorus, exchangeable potassium, micro elements, pH-metry, extraction, correlation.

Постановка проблеми. Пошук оптимальних методів визначення стану ґрунтів, передусім рівнів доступних для рослин елементів, належить до складних питань з фундаментальним та прикладним значенням.

Відкриття ринку землі в Україні потребує певної гармонізації підходів до оцінки якості (родючості) земельних ділянок і вимагає розробки загальносприятливої системи аналізу ґрунтів.

Встановлювати вміст елементів живлення у ґрунті можна за різними методиками, що цілком очікувано призводить до отримання різних числових значень концентрації таких елементів. Таке розмаїття методів ускладнює узагальнення та порівняння отриманих результатів. Для зіставлення одержаних за різними методиками результатів створюють шкали градації або розробляють бальну систему порівняльної оцінки [4, с. 1–7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Практично всі сучасні методики визначення вмісту елементів ґрунтуються на однаковій кількісній оцінці інтенсивності аналітичного сигналу. Різниця полягає в застосуванні того чи іншого екстрагента, мета якого, з одного боку, вилучення в розчин максимальної кількості елемента, а з іншого – відтворення умови кореневого живлення рослин.

Із фізико-хімічної позиції зрозуміло: що сильніша кислота або розчин, який містять іони з більшими зарядом і розмірами, використати як екстрагенти, то більша кількість елементів перейде в них із ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) або малорозчинних сполук ґрунту. Щоб більша концентрація елемента в розчині, то легше й точніше можна зафіксувати аналітичний сигнал. Але застосування сильних екстрагентів ніяк не моделює дифузійно-іонообмінний механізм кореневого живлення рослин, які максимально можуть виділяти у ґрунт доволі слабкі вугільну та інші органічні кислоти [2, с. 22–29].

Останнім часом широко застосовують метод використання комплексонів етилендіамінтетраоцтової кислоти (ЕДТА) та діетилентріамінпентаоцтової кислоти (ДТПА) для визначення вмісту елементів живлення у ґрунті. Беззаперечно, що екстрагувальна здатність таких розчинів дуже висока, що дає змогу наблизитися до встановлення валового вмісту елементів у ґрунті.

Історично, а також з хімічної точки зору, у ґрунті визначають три типи вмісту елементів: загальний (валовий), обмінний і водорозчинний. Загальний вміст елементів – це найбільш стала і чітко визначена характеристика ґрунту. Але його встановлення потребує використання доволі специфічного обладнання (рентгеноспектральні аналізатори), а числові характеристики важко прив'язати до потреб рослин в елементах живлення. Аналіз водорозчинних форм елементів дає характеристику їхнього вмісту у ґрунті в поточний момент часу і не враховує динаміку дифузійних та іонообмінних процесів [5, с. 27–31; 10, с. 148–167].

Найбільш об'єктивна характеристика – обмінні форми елементів, методика оцінки якості ґрунту за вмістом яких спирається на дифузійно-іонообмінну природу кореневого живлення рослин.

Один із визначальних показників агрохімічної характеристики будь-якого ґрунту – значення його рН. Є декілька видів кислотності: актуальна (водна), обмінна (сольова) і гідролітична. Кислотність вимірюють за різними методиками, які в більшості моментів подібні одна до одної, але все ж мають деякі відмінності. Зазвичай різниця полягає у співвідношенні ґрунту до об'єму екстрагента. Тож показники для одного й того самого зразка можуть відрізнятися.

За показником рН обирають метод визначення рухомих сполук фосфору і калію, встановленню вмісту яких у ґрунті присвячена, напевно, найбільша кількість досліджень.

Точне визначення показників рухомих сполук фосфору у ґрунті дає змогу ефективніше використовувати природні ресурси та прогнозувати ефективність внесення фосфорних добрив. На сьогодні методи аналізів, які ґрунтуються на застосуванні чистих розчинів мінеральних або органічних кислот, ніде у світі, крім України та кількох країн СНД, не використовують [12, с. 88–95; 7, с. 7–22; 1, с. 58].

В Україні на ґрунтах із кислою реакцією ґрунтового розчину (рН<5,5) використовують метод Кірсанова, із нейтральною (5,5–7) – метод Чирикова, карбонатних – Мачигіна (ДСТУ 4114:2002, 2002; ДСТУ 4115:2002, 2002). У національних стандартах для кожної методики вказано

конкретні типи ґрунтів у різних зонах, проте не завжди реально визначити тип за зовнішніми ознаками лише верхнього горизонту.

Сучасними методами визначення фосфору у світовій практиці є методи Брея, Мехліка I, Мехліка III, Моргана, Олсена, Егнера та ін. Їх можна застосовувати на ґрунтах із різними фізичними та хімічними властивостями [15, с. 115–142]. Їхня відмінність від наших стандартизованих методик полягає у використанні більш універсального екстрагента (або суміші екстрагентів), який вилучає рухомі сполуки у ширшому діапазоні рН ґрунту. Метод Брея і Курца можна застосовувати від кислого і до лужного ступеня кислотності (за іноземними джерелами до $\text{pH} < 7,2$). Екстрагентом у цій методиці слугує суміш хлорводневої кислоти та фториду амонію [3, с. 39–45]. Метод Олсена рекомендовано застосовувати для карбонатних ґрунтів з вилученням сполук фосфору і калію розчином бікарбонату натрію [8, с. 102].

У методиці Мехліка III застосовують складний екстрагент із суміші оцтової та азотної кислот, нітрату амонію, фториду амонію та ЕДТА.

Методи Брея, Моргана і Олсена використовують тільки для вилучення фосфору. А такі методи, як Мехліка I, Мехліка III, Егнера, є мультиелементними, їх використовують для екстракції не лише макро- (P, K, Ca, Mg), а й мікроелементів (Cu, Fe, Zn, Mn).

Числові значення вмісту фосфору або калію в одному ґрунті за різними методиками будуть відрізнятися між собою.

Для вилучення міді, манганцю, заліза американські лабораторії послуговуються ще складнішим екстрагентом, який складається з розчину ДТПА, молекулу якої можна розглядати як розширену версію ЕДТА, хлориду кальцію та триетаноламіну (ТЕА). Розчин має бути з рН до 7,3 [13, с. 73–78].

Доступність у ґрунті елементів калію, кальцію та магнію, як правило, оцінюють вимірюванням їх водорозчинної та обмінної форм. Кількості калію, кальцію, магнію у ґрунтовому розчині досить малі порівняно з обмінними формами. Але треба розуміти, що обмінні форми кальцію і магнію не цілком доступні для рослини, оскільки вони переходять у розчин тільки за досить низьких значень рН [9].

Бор і сірку зазвичай визначають фотометричними методом, що досить неоднозначно. Це пов'язано зі складністю вибору оптимального екстрагенту, найчастіше – це просто дистильована вода з коагулянтами. Але малий вміст цих

елементів у ґрунті визначає низьку інтенсивність аналітичного сигналу для їх визначення.

Як уже зауважували, в різних країнах світу для визначення вмісту елементів у ґрунті застосовують різні методики, які відрізняються передусім типом екстрагента. Узагальнюючи світовий досвід, можна умовно виокремити три основні підходи до аналізу ґрунтів [11, с. 2330–2380].

Найбільш обґрунтовані з фізико-хімічної позиції – методики, рекомендовані американськими дослідниками, які ґрунтуються на застосуванні сильного комплексоутворювача або солей з іонами із більшими зарядом і радіусом. Вони забезпечують максимальне вилучення елементів живлення і, отже, найбільшу інтенсивність аналітичного сигналу [14, с. 33; 6].

Постановка завдання. Мета глобальної мережі ґрунтових лабораторій *GLOSOLAN*, до складу якої входить Лабораторія досліджень хіміко-біологічних чинників Укр НДІ «Ресурс» (Атестат акредитації НААН № 20923), – уніфікувати, гармонізувати й оптимізувати методи, вимірювання показників при дослідженні ґрунтів задля однозначного порівняльного аналізу їхньої якості. Роботи проводяться в різних напрямках, одним з яких є саме вибір оптимальних екстрагентів.

Виклад основного матеріалу. Об'єктами дослідження слугували сім зразків ґрунту, відібраних із площі 2 га однієї ґрунтової відміни із земельної ділянки у Київській області (п'ять по поверхні і два – у глибину з шарів по 20 см).

Дослідження проводили за методиками агрохімічної паспортизації України та методиками, запропонованими потенційними європейськими інвесторами, які передбачали екстракцію водою, водою, збагаченою вуглекислим газом, розчином ацетату амонію з ЕДТА та розчином хлориду кальцію різної концентрації (*Agroscop*).

Проби ґрунту зважували на аналітичних вагах *AXIS AD-500*, заливали екстрагентом за допомогою диспенсера та струшували на перемішувальному пристрої ЛАБ-ПУ-01. Суспензії фільтрували крізь фільтр «синя стрічка» для отримання прозорого розчину, а рН визначали за допомогою рН-метра 150МИ.

Вміст фосфору та масову концентрацію калію визначали відповідно до ДСТУ 4114-2002. Оптичну густину забарвлених розчинів досліджували на двопробному спектрофотометрі *ULAB S 261 UV*.

Концентрацію мікроелементів: міді, мангану, заліза визначали атомно-абсорбційним спектрофотометром (ААС) *Perkin Elmer Analyst 400*, а калію, кальцію та магнію – з використанням полуменевого мікропроцесорного фотометра CL 387.

Експериментальні дані обробляли за методами статистичного аналізу. Статистичну обробку експериментальних даних проводили з використанням програми *MS Excel та STATISTICA* за допомогою комп'ютерної техніки.

Попередньо відібрали сім зразків ґрунту з одної площі. Проведено пробопідготовку для визначення показника рН водних розчинів зразків ґрунту за двома методиками відповідно до ДСТУ ISO 10390:2001, 2003. Різниця між ними полягала у співвідношенні наважки ґрунту до об'єму екстрагента (дистильованої води): за першою – 1:5; за другою – 1:2,5.

Отримані результати зразків ґрунту, які досліджували, показано на рис. 1.

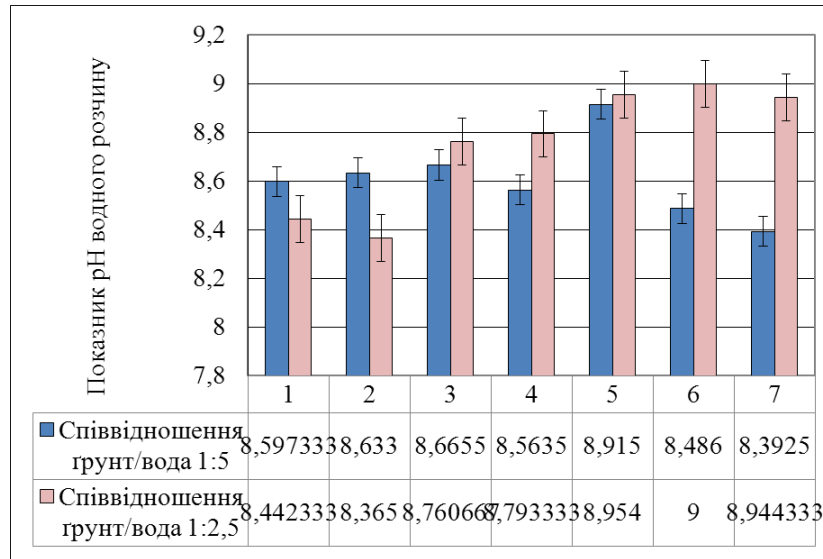


Рис. 1. Показник рН водних розчинів зразків ґрунту, визначений у результаті використання різних співвідношень

Аналізуючи дані, наведені на рис. 1, можна дійти висновку, що незалежно від номера зразка і методики дослідження, всі зразки виявилися лужними. Необхідно зауважити, що кореляції в результатах досліджень за двома методиками не простежується.

Наступні дослідження були спрямовані на визначення фосфору (у формі оксиду P_2O_5) у зразках різними екстрагентами з подальшим спектрофотометричним вимірюванням у вигляді

фосфорно-молібденового комплексу (табл. 1). За результатами проведених досліджень і обробкою даних бачимо, що вміст фосфору, визначений різними методами, незначний.

Результати дослідження з визначення вмісту міді у складі ґрунту наведено в табл. 2.

Результати дослідження мікроелементного складу ґрунту зображені графічно-аналітично на рис. 2, 3.

Таблиця 1

Показник вмісту P_2O_5 , мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст P_2O_5 , мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин вуглекислого амонію, рН 9,0	14,8	13,5	16,3	11,0	14,1	22,0	14,8	1,3
Вода	16,8	10,2	9,8	7,8	5,5	9,8	9,3	1,3
Вода, насичена вуглекислим газом	6,4	5,3	4,7	2,3	1,2	4,0	0,7	0,8
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	53,5	47,9	45,6	22,8	30,9	58,2	34,8	4,8

Результати визначення вмісту міді із застосуванням різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст міді, мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин ацетату амонію, рН 4,8	0	0	0	0	0	0	0	0
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	2,3	3,0	3,0	2,7	2,2	2,4	2,2	0,1

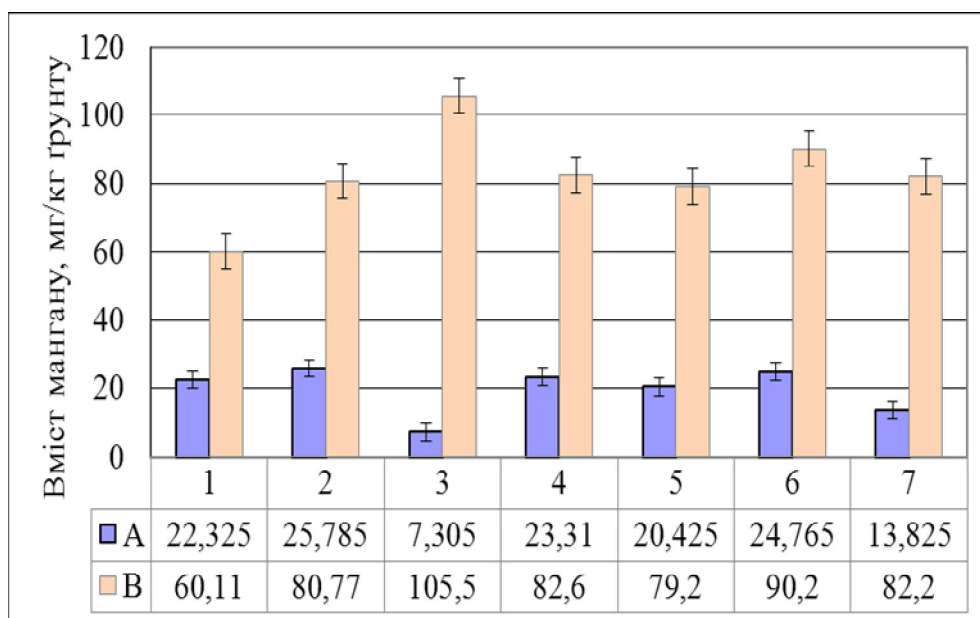


Рис. 2. Показник вмісту мангану, мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів, де: А – розчин ацетату амонію, рН 4,8; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65

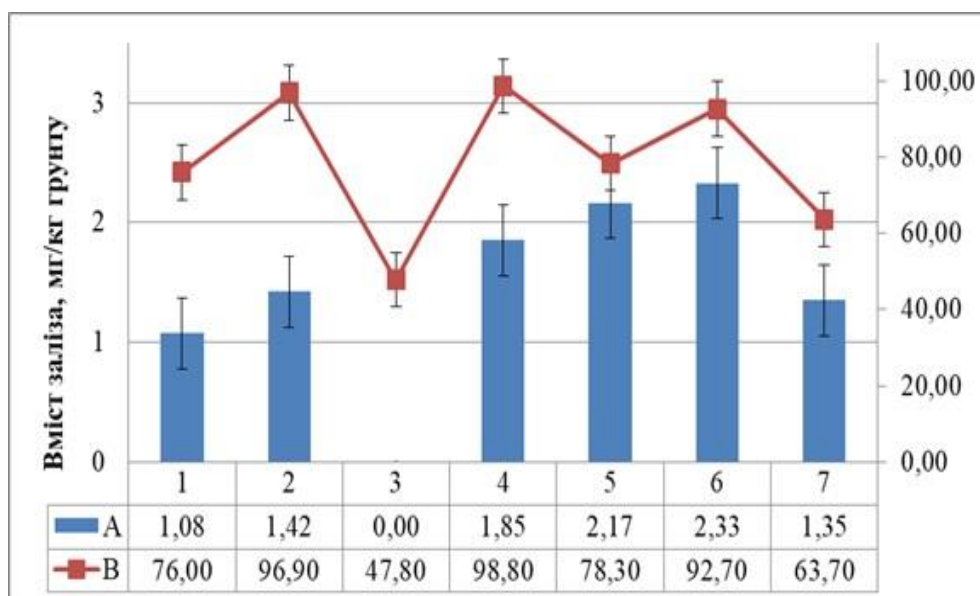


Рис. 3. Показник вмісту заліза, мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів, де: А – розчин ацетату амонію, рН 4,8; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65

Одним із важливих показників якості є макроелементний склад ґрунту.

Для цього ми визначили макроелементи: калій (у формі оксиду K_2O), кальцій та магній, екстраговані різними розчинами (табл. 3–5).

У результаті отриманих даних розраховували коефіцієнти екстракції як співвідношення концентрацій елементів, вилучених одним видом екстрагента до іншого. Результати розрахунків представлені на рис. 4–9.

Значення рН ґрунту, постійно лужне, залежно від методу визначення для кожного зразка, нерівномірно змінюється в певних межах та коливається як у більший, так і в менший бік показника.

Витіснення іонів PO_4^{3-} надлишком менших за розмірами і зарядністю іонами CO_3^{2-} не відбулося, вочевидь, через сильнолужну реакцію розчину. Тож коефіцієнт вилучення фосфору з урахуванням усіх експериментальних даних становить 0,34. Створення буферного кислого середовища також не дуже сприяє вилученню фосфору. Він переважно зв'язаний у малорозчинні сполуки із сильним міжіонним зв'язком, і лише застосування ЕДТА підвищує цифрові значення виміряного вмісту фосфору, залишаючи їх стабільно низькими. Збільшення коефіцієнта вилучення фосфору можна розрахувати досить умовно, і воно становить, з урахуванням усіх експериментальних даних, – 2,74.

Таблиця 3

Показник вмісту K_2O , мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст K_2O , мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин вуглекислого амонію, рН 9,0	79,5	74,7	103,6	91,6	98,8	163,9	159,1	13,8
Вода	22,9	19,3	22,9	19,3	21,7	34,9	31,3	2,3
Вода, насичена вуглекислим газом	19,3	16,9	15,7	19,3	19,6	37,1	31,6	3,1
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	167,5	153,0	173,5	162,7	155,4	224,1	224,1	11,7

Таблиця 4

Показник вмісту кальцію, мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст кальцію, мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин ацетату амонію, рН 7,0	1950	3310	3040	2725	1945	2380	2200	201,9
Вода	300	510	470	430	310	360	330	31,4
Вода, насичена вуглекислим газом	437,5	457,5	422,5	455,0	412,5	437,5	432,5	6,1
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	13160	17840	12600	17310	19870	18280	17820	893,0

Таблиця 5

Показник вмісту магнію, мг/кг ґрунту, визначений у результаті використання різних екстрагентів

Екстрагент	Вміст магнію, мг/кг ґрунту							SE
	1	2	3	4	5	6	7	
Розчин ацетату амонію, рН 7,0	350	489	477	471	405	515	398	22,6
Вода	46	52	32	54	44	62	43	3,7
Розчин хлориду кальцію з концентрацією 0,0125 М	217	318	284	279	226	303	197	17,7
Розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65	1830	2385	1033	2625	2350	3600	2225	294,3

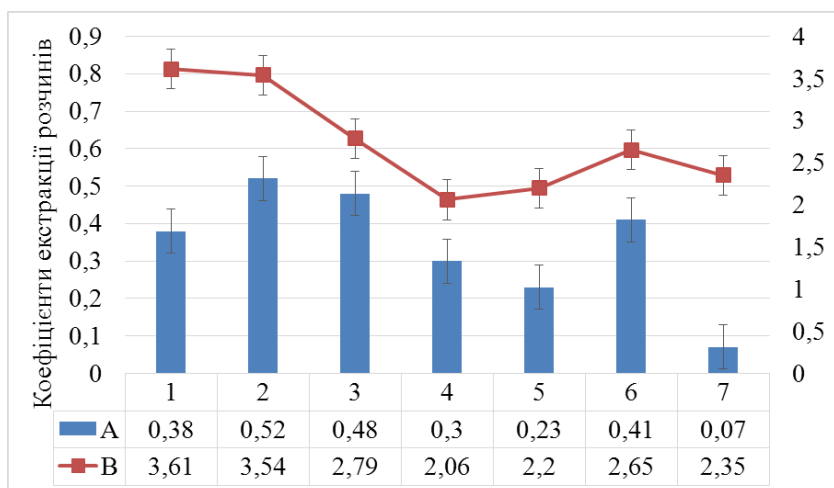


Рис. 4. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на фосфор, де: А – вода, насичена вуглекислим газом до води; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину вуглекислого амонію, рН 9,0.

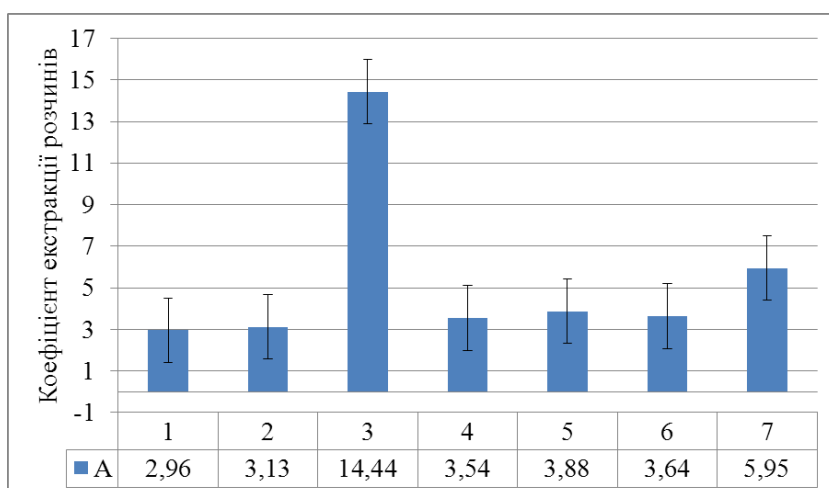


Рис. 5. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на манган, де співвідношення екстрагентів: А – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину ацетату амонію, рН 4,8

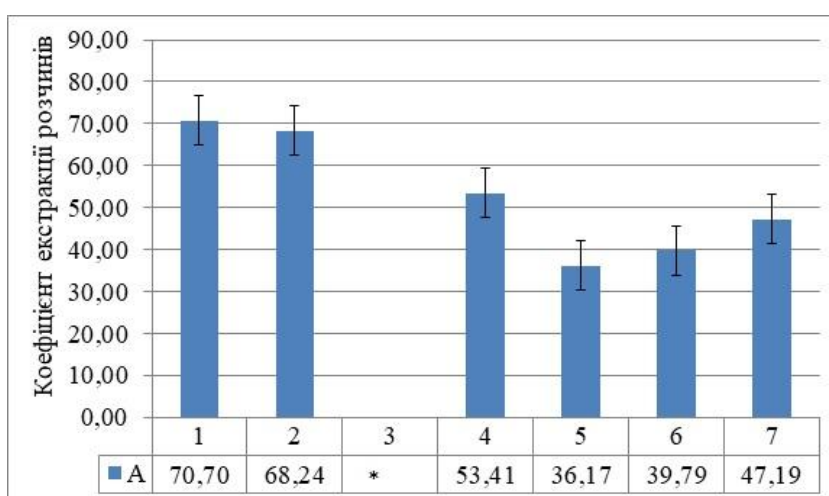


Рис. 6. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на залізо, де співвідношення екстрагентів: А – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину ацетату амонію, рН 4,8

*У цьому зразку при екстрагуванні розчином ацетату амонію, рН 4,8 не було виявлено заліза (вміст його дуже малий).

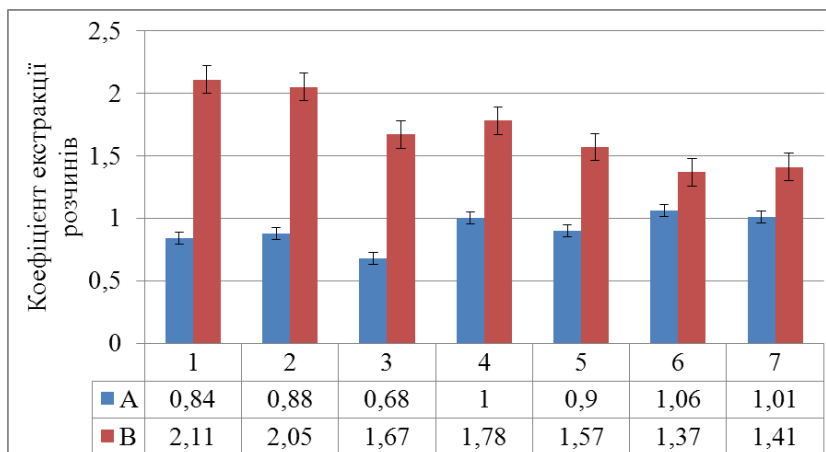


Рис. 7. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на калій у формі (K_2O), де співвідношення екстрагентів: А – вода, насичена вуглекислим газом до води; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину вуглекислого амонію, рН 9,0

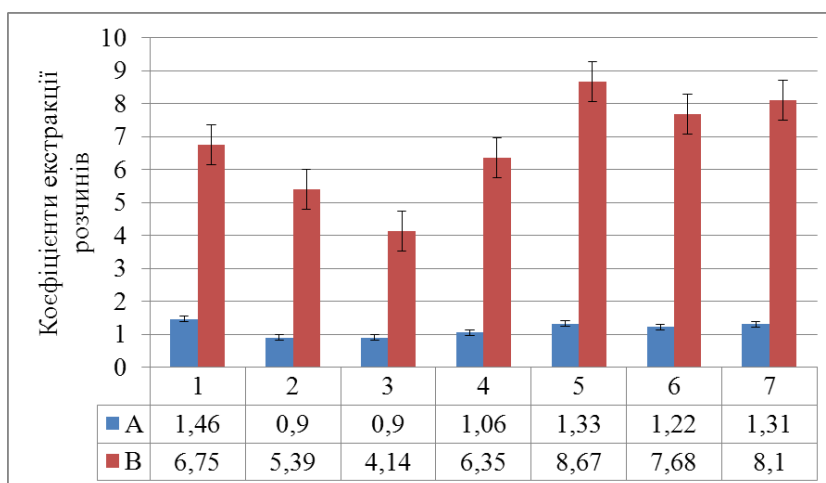


Рис. 8. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на калій у формі (K_2O), де співвідношення екстрагентів: А – вода, насичена вуглекислим газом до води; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину ацетату амонію, рН 7,0

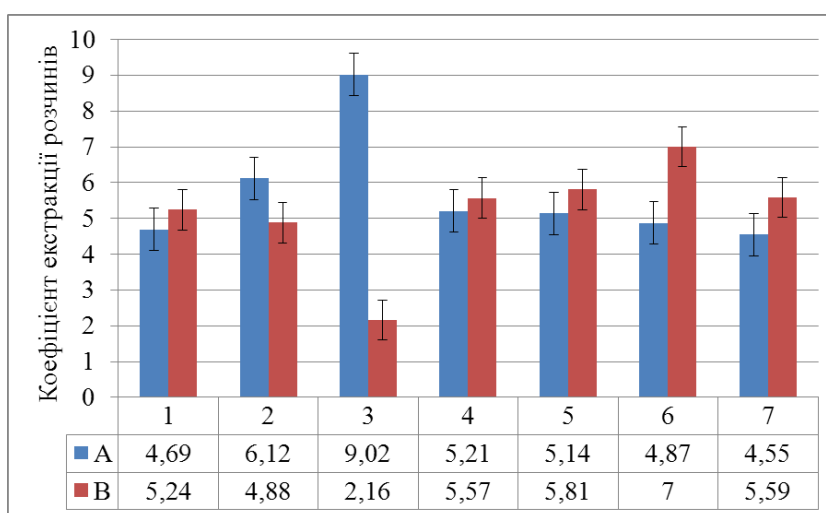


Рис. 9. Коефіцієнти екстракції розчинів при аналізі на магній, де співвідношення екстрагентів: А – розчин хлориду кальцію концентрацією 0,0125 М до води; В – розчин ацетату амонію з ЕДТА, рН 4,65 до розчину ацетату амонію, рН 7,0

Найцікавішу ситуацію спостерігаємо при вимірюванні вмісту катіонів металів. Отримані результати свідчать, що введення до складу екстрагувальних розчинів комплексонів суттєво підвищує числові значення вмісту іонів металів у ґрунті.

Для великих за зарядністю і радіусом катіонів Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} ЕДТА істотно збільшує вилучення. На наших збіднілих на мікроелементи ґрунтах це особливо важливо, оскільки, як свідчать експериментальні дані, міді в них настільки мало, що її кількість – поза межею чутливості методу ААС.

Приблизне середнє збільшення коефіцієнта вилучення для мангану з урахуванням усіх експериментальних даних становить 5,3. Для Fe^{3+} коефіцієнт вилучення з урахуванням усіх експериментальних даних становить 52,6. Відмінність цих значень радше можна пояснити порівнявши стійкість комплексів цих металів з ЕДТА. Для мангану Іг К становить 6,9, для Fe^{3+} Іг К – 14,59, для міді Іг К – 11,54.

У випадку магнію і кальцію (якого зазвичай значно більше у ґрунті) при екстрагуванні за різними методиками важливі два процеси: хімічне руйнування водонерозчинних сполук у кислому середовищі і утворення трилонатних комплексів. Хоча стійкість комплексів з ЕДТА оцінена за значенням Іг К (для кальцію 3,51, для магнію 2,28), значно менша ніж для мікроелементів, тож приблизне усереднене збільшення коефіцієнта вилучення становить для кальцію з урахуванням усіх експериментальних даних – відповідно 1,2 та 6,7.

Для магнію коефіцієнти вилучення з урахуванням усіх експериментальних даних становлять 5,7 та 5,2 відповідно.

Відсутність кореляції може бути зумовлена значно більшою кількістю цих елементів у ґрунті (передусім кальцію) і більш легким розкладом водонерозчинних сполук у кислому середовищі.

Вуглекислий газ не сприяє витісненню калію. Так, коефіцієнт вилучення калію з урахуванням усіх експериментальних даних становить 0,91.

Надлишок іонів амонію у кислому середовищі витісняє K^+ , а ЕДТА покращує його вилучення. А коефіцієнти вилучення з урахуванням усіх експериментальних даних становлять 1,7.

Слід зауважити, що наші спостереження досить модельні, оскільки не взято до уваги міжйонну взаємодію в дуже складних ґрунтових колоїдних системах, які містять не тільки всі проаналізовані катіони одночасно, а й багато інших, а також органічні міцели.

Проведені дослідження тільки окреслили завдання. Хоча вони показали зручність використання наявних в Україні методик, непростим завданням виявилось їх зіставлення із закордонними методиками. Водночас суттєве збіднення ґрунтів на мікроелементи не дає змоги для їх достовірного визначення прийнятими в Україні методиками. Звідси впливає потреба в подальших дослідженнях, спрямованих або на створення нових шкал градації елементів живлення у ґрунтах, або на розрахунок кореляційних коефіцієнтів на основі значних масивів даних для ґрунтів різних типів.

Висновки. Унаслідок проведених лабораторних досліджень встановлено, що не існує тісного зв'язку кількості визначеного елемента живлення, яка б залежала від застосованих екстрагентів.

Підтверджено, що найменша кількість елементів переходить у водну витяжку. Моделювання процесів кореневого живлення у воді, збагаченій вуглекислим газом, показує ту реальну кількість елементів живлення, які може засвоїти рослина. Ця методика, вочевидь, дає досить добрі результати на лужно-чорноземних слабосолонцюватих ґрунтах. Застосування ж як екстрагента ЕДТА дає змогу отримати найвищий вміст елементів, наблизений до граничного потенціалу родючості ґрунту. Теоретично, за певних умов, їх можна перевести у форми, доступні для живлення рослин.

Методики, які застосовують при агрохімічній паспортизації в Україні, забезпечують проміжні результати значень кількості елементів – між тими, які потенційно є у ґрунті, і тими, які безпосередньо можна засвоїти рослинами. Загалом можна вважати, що стандартні методики, які використовують для складання агрохімічного паспорта угіддя, прийнятого для оцінки якості ґрунтів в Україні, досить об'єктивно відображають наявність елементів живлення у формах, придатних для засвоєння рослинами.

Проте реалії сьогодення потребують коригування і внесення змін у деякі методики. Суттєва деградація ґрунтів упродовж останніх двох десятиліть призвела до істотного зменшення вмісту мікроелементів. Використання водних екстрагентів для визначення бору і сірки, а також аміачно-амонійного буфера для визначення металів, не забезпечує точних результатів через вкрай малоінтенсивний аналітичний сигнал, спричинений низьким залишковим вмістом цих елементів у ґрунтах. Застосування сильніших

екстрагентів і створення нової шкали градації дозволить чіткіше діагностувати якість ґрунтів та визначати необхідну для відтворення їхньої родючості кількість мікродобрих.

Саме це завдання – одне з першочергових на 4-й сесії *GLOSOLAN*, яка відбулася в листопаді 2020 року.

Бібліографічний список

1. Балюк С. А., Заришняк А. С., Лісовий М. В. Агрохімічне забезпечення землеробства України на період до 2020 року (концептуальні положення). Харків: Міськдрук, 2013. С. 58.
2. Бикова О., Тонха О., Піковська О., Пак О. Розчинні сполуки кремнію в ґрунтах різного гранулометричного складу західного регіону України. *Рослинництво і ґрунтознавство: науковий журнал*. 2020. № 1 (2). С. 22–29.
3. Брей Р. Х., Курц Л. Т. Визначення загального, органічного та доступних форм фосфору в ґрунтах. *Ґрунтознавство*. 1945. № 59. С. 39–45.
4. Волков В. П., Переверзева А. В., Полякова І. О. Управління якістю ґрунтів в ЄС та Україні. *Ефективна економіка*. 2020. № 9. URL: www.economy.nauka.com.ua/pdf/9_2020/6.pdf (дата звернення: 02.02.2022).
5. Голубченко В. Ф., Куліджанов Е. В. Порівняльна оцінка вмісту мікроелементів в ґрунтах одеської області. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2015. № 76. С. 27–31.
6. Кіньянті С. Здоров'я та якість ґрунту: огляд. URL: [http:// worldaginfo.org/Soil%20Health%20Review.pdf](http://worldaginfo.org/Soil%20Health%20Review.pdf) (дата звернення: 27.02.2022).
7. Крамарьов С. М., Крамарьов О. С., Писаренко П. В. Зміна вмісту рухомого фосфору в генетичних горизонтах чорнозему звичайного на ріллі відносно цілини в умовах Північного Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2014. № 2. С. 7–22.
8. Пержинський Г. М. Методи аналізу фосфору для ґрунтів, опадів, залишків і вод. *Південний Кооп. Університет штату Північна Кароліна, Ролі, Північна Кароліна*. 2000. № 396. С. 102.
9. Пічура В., Безницька Н. Просторово-часова трансформація агрохімічного стану обґрунтувань у зоні сухого степу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 0 (3 (67)).
10. Сплодитель А. О. Закономірності розподілу важких металів у ґрунті міських ландшафтів (на прикладі м. Бровари). *Журнал геології, географії та геоecології*. 2019. № 4. С. 148–167.
11. Стайлз К. А., Хаммер Р. Д. Портативний набір для перевірки валідації, що вимірює активну фракцію вуглецю в ґрунті. *Soil Sci*. 2018. № 78. С. 2330–2380.
12. Стахів М. П. Фосфорне живлення рослин та методичні аспекти визначення рухомих сполук фосфору в ґрунті. *Ґрунтознавство*. 2010. Т. 11. № 3–4. С. 88–95.
13. Фатєєв А., Семенов Д., Смирнова К., Шемет А. Вплив гумусових кислот на рухливість і біологічну доступність заліза, цинку та міді. *Сільськогосподарська наука і практика*. 2015. № 2(1). С. 73–78.
14. Чорний С. Г. Оцінка якості ґрунтів. *МНАУ*, 2018. С. 233.
15. Шарплі А. Н., Сімс Дж. Т., Пержинські Г. М. Інноваційні індекси вмісту фосфору в ґрунті: визначення неорганічного фосфору. Тестування ґрунту: перспективи покращення рекомендацій щодо поживних речовин. *Soil Sci Soc. Am Spec*. 1994. Вип. 40 ASA, Медісон. Вип. 1. С. 115–142.

Стаття надійшла 27.07.2022