

УДК 631.811:631.416.4

Просторово-часові зміни вмісту рухомого калію в орному ґрунті**С. С. Коваленко**

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 19.11.2025 Отримано після доопрацювання 11.12.2025 Затверджено до видання 26.12.2025 Доступно онлайн 30.12.2025 <i>Ключові слова:</i> ґрунт; калій рухомий; просторова неоднорідність; часова динаміка; метод Чирикова; метод Мачигіна; рН ґрунту; точне землеробство	Наведено результати дослідження просторово-часової динаміки вмісту рухомих форм калію в орному шарі ґрунту (0–30 см) за період 2018–2020 рр. на двох дослідних об'єктах у Харківській області в межах Лівобережного Лісостепу України. Об'єкт № 1 — поле площею 48,7 га зі строкатим ґрунтовим покривом з переважанням чорнозему опідзоленого (Luvic Chernic Phaeozem) та темно-сірого опідзоленого (Luvic Greyzemis Phaeozem) ґрунту з еродованими та зволоженими різновидами; об'єкт № 2 — поле площею 24 га, де переважає чорнозем типовий (Haplic Chernozem) з контурами еродованих та підвищено зволожених різновидів. Польові дослідження включали відбір двічі на рік змішаних проб ґрунту з 24 стаціонарних майданчиків на кожному об'єкті. Вміст рухомого калію у пробах визначали двома методами: Чирикова (для опідзолених ґрунтів) та Мачигіна (для нейтральних і слаболужних чорноземів). Результати показали високу просторову та часову варіабельність вмісту рухомого калію в ґрунті — найвищі концентрації (120–185 мг/кг за методом Чирикова та 211–347 мг/кг за Мачигінім) фіксували навесні, найнижчі (80–150 мг/кг) — восени. Встановлено стійку просторову структуру розподілу вмісту калію: максимальні значення зафіксовано в мікрозападах і підвищено зволожених контурах, мінімальні — на еродованих підвищеннях і слабкоксероморфних різновидах. Різниця між крайніми значеннями сягала однієї градації забезпеченості ґрунтів калієм за шестибальною шкалою забезпеченості. Виявлено статистично значущий зв'язок між кислотністю ґрунту та вмістом рухомого калію: більш високі значення рН (у бік нейтрального) супроводжуються і більш високими концентраціями рухомого калію. Обидва аналітичні методи показали високу стабільність просторового розподілу вмісту калію протягом трьох років, що свідчить про домінуючий вплив факторів ґрунтоутворення (рельєф, вологість) і характеристик, властивих певному типу ґрунту, над річними коливаннями погоди та агротехнікою. Отримані дані підтверджують необхідність точного підходу до внесення калійних добрив за умови строкатого ґрунтового покриття, оскільки, хоча середній рівень забезпеченості є високим, але локальні зони дефіциту та надлишку співіснують у межах одного поля. Використання лише середніх показників по полю може призводити або до недоотримання врожаю, або до нераціональних витрат добрив.

✉ stanislawkowalenko@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6834-2259

Форма цитування: Коваленко С. С. Просторово-часові зміни вмісту рухомого калію в орному ґрунті. *Агрохімія і ґрунтознавство* : міжвідом. темат. наук. зб. / ННЦ "ІГА ім. О. Н. Соколовського". Харків: 2025. Вип. 99. С. 22–31. doi: 10.31073/acss99-03

1. Вступ

Роль калію, як одного з ключових елементів живлення рослин, важко переоцінити — він впливає на процес обміну речовин, водний баланс, стійкість до посухи і морозів, а також сприяє синтезу білків та вуглеводів. У контексті сільського господарства, зокрема для чорноземів у Лісостеповій зоні України, вивчення просторової неоднорідності та часової варіабельності вмісту рухомого калію набуває особливого значення. Від кількості та доступності калію в ґрунті залежить продуктивність сільськогосподарських культур, що робить його ключовим фактором при плануванні агротехнічних заходів.

Лівобережна частина Лісостепу України є однією з найбільш родючих територій, яка характеризується високою часткою чорноземів, що мають високий природний рівень родючості. Однак навіть на цих землях спостерігаються значні відмінності у вмісті калію, що зумовлено як природними так і антропогенними

чинниками [1]. Природні фактори, такі як характерні властивості ґрунту певного типу, кліматичні та гідрологічні особливості, зумовлюють нерівномірний просторовий розподіл калію в ґрунті [2]. Водночас інтенсивне використання ґрунтів, зокрема внесення мінеральних добрив та інших агрохімікатів, також впливає на динаміку калію, що може спричиняти деградацію ґрунту та зниження його родючості у довгостроковій перспективі [3].

В умовах зміни клімату забезпечення рослин калієм стає більш складним завданням, що потребує адаптації сучасних агротехнічних методів. Вивчення просторової неоднорідності та часової варіабельності калію у чорноземах дає можливість отримати дані, необхідні для розробки адаптивних методів управління ґрунтовими ресурсами, що дозволяє підвищити стійкість агроєкосистем до зовнішніх чинників [4].

Важливість досліджень у цьому напрямі зумовлена необхідністю глибшого розуміння процесів, які визначають просторову неоднорідність калію [5]. Така неоднорідність потребує розробки більш точних і локалізованих рекомендацій для агротехнічних заходів, що дозволить оптимізувати рівень калію у ґрунті та підвищити ефективність його засвоєння рослинами та, відповідно, на продуктивність культур [6].

У природних умовах вміст калію в ґрунті визначається його початковою кількістю у ґрунтотвірній породі, що призводить до накопичення або втрати цього елемента [7]. Калій у ґрунті одночасно є присутнім у різних формах, як: нерухомий, фіксований, іонообмінний та водорозчинний. Найбільше значення для рослин має рухомий калій, до якого відносять іонообмінний та водорозчинний, оскільки саме ці форми доступні для засвоєння кореневою системою сільськогосподарських культур. Проте наявність і доступність рухомого калію у ґрунтах не є постійною і залежить від ряду факторів [8, 9].

Нерівномірний розподіл калію у ґрунтовому профілі, а також зміни його кількості з часом створюють потребу в розробці адаптивних систем агротехнічного управління, які врахували б ці особливості. Такі підходи є важливими для раціонального використання калійних добрив, оскільки надмірне внесення калію може призводити до негативних наслідків як для економіки господарства, так і для екологічного стану ґрунту [10].

На сьогодні одним з актуальних питань є визначення рівня просторової неоднорідності вмісту рухомого калію в чорноземах і його часової варіабельності протягом вегетаційного періоду. Це дозволяє оцінити, наскільки ефективно рослини засвоюють потреби в цьому елементі залежно від кліматичних умов та агротехнічних заходів. Важливо також дослідити вплив застосування калійних добрив на рівень рухомого калію в ґрунті, оскільки це допоможе оптимізувати внесення добрив і уникнути можливого перенасичення ґрунту, що може мати негативні значення для ґрунтової екосистеми.

Аналіз динаміки калію у ґрунтах також сприяє розумінню загальних тенденцій зміни родючості земель. У межах лісостепової зони, яка характеризувалася змінністю кліматичних умов, водного режиму та інтенсивності використання ґрунтів, такі дослідження є надзвичайно важливими для забезпечення довготривалої стабільності агроєкосистем. Результати можуть стати основою для науково обґрунтованих рекомендацій щодо управління ґрунтовими ресурсами, а також сприяти розробці методів збереження родючості чорноземів.

У статті висвітлено результати дослідження й аналіз просторової та часової мінливості вмісту рухомого калію у ґрунтах на території двох дослідних полів з виявленням основних факторів, які впливають на його розподіл і динаміку.

2. Об'єкти та методика досліджень

Дослідження проводили на двох дослідних полях ДП «ДГ «Граківське» ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» у Харківській області. Кожне поле для спостережень було розділене на 24 майданчики, з площею кожного — 1 га.

Об'єкт № 1 — дослідне поле площею 48,7 га, ґрунтовий покрив поля (Рис. 1) включає чорнозем опідзолений (шифр 3.) і темно-сірий опідзолений ґрунт (1.), але є також їхні різновиди, а саме: темно-сірий опідзолений слабксероморфний ґрунт у комплексі з еродованим (2.), чорнозем опідзолений підвищено зволожений (4.) і чорнозем опідзолений намитий (5.). Через строкатість ґрунтового покриття вміст органічного вуглецю в ґрунті орного шару на цьому полі коливається від 2,1 до 3,8 %, рН сольовий — від 4,60 до 5,40.

Об'єкт № 2 — дослідне поле площею 24 га; у ґрунтовому покритті поля (Рис. 2) переважає чорнозем типовий, але є також контури його еродованих (шифр 2 v), вилугуваних та підвищено звожених (3 v) різновидів. Вміст органічного вуглецю у ґрунті орного шару коливається від 3,42 до 3,88 %, рН сольовий — від 5,55 до 7,00.

Ланка сівозмін у період 2018–2020 рр. включала такі культури: на об'єкті № 1 — чистий пар, соняшник, кукурудза на зерно; на об'єкті № 2 — соняшник, кукурудза на зерно, ячмінь. Внесення добрив на об'єктах 1 і 2: нітроаммофоска 150 кг/га (2018), аммофос 120 кг/га (2019 і 2020).

Дослідження проводили від квітня 2018 до листопада 2020 р. Проби ґрунту відбирали з шару 0–30 см кожного року у квітні–травні (весна) та у жовтні–листопаді (осінь). На кожному з 24 робочих майданчиків, позначених на рис. 1 і 2, у центральній точці з визначеними координатами та у радіусі 10 м від неї відбирали 7 індивідуальних проб, з яких формували змішаний зразок для аналізування. Таким чином на кожному майданчику за три роки було відібрано у часі по 6 змішаних зразків — 3 навесні та 3 восени.

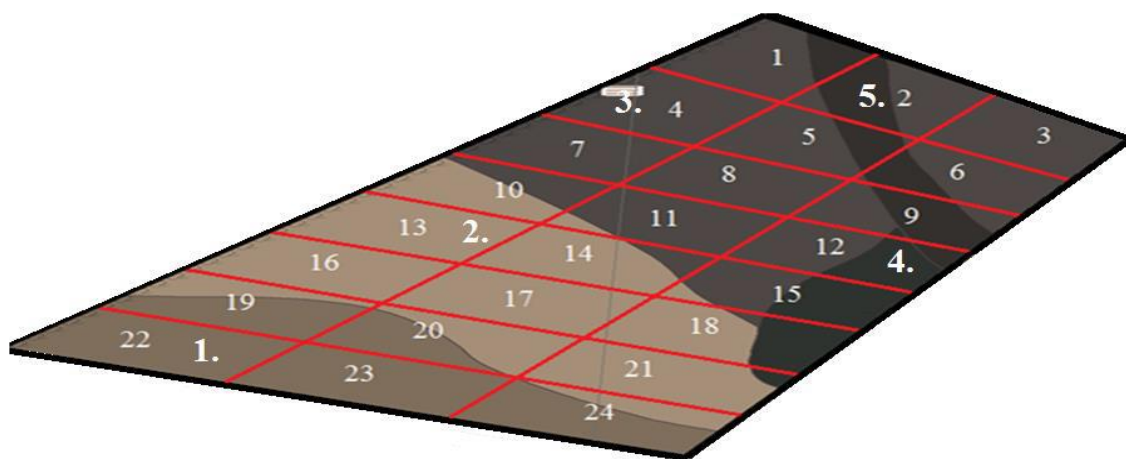
Визначення вмісту рухомого калію виконували за методом Чирикова, згідно з ДСТУ 4115:2002¹, та методом Мачигіна, згідно з ДСТУ 4114:2002². Метод Чирикова рекомендований для аналізу ґрунтів опідзоленого типу, а метод Мачигіна підходить для дослідження різноманітних ґрунтів, таких як темно-сірі опідзолені, ясно-сірі лісові, чорноземи типові, лучно-чорноземні й темно-каштанові. Кожен метод адаптований до специфіки ґрунтів, враховуючи їхні фізико-хімічні властивості. Це дозволило отримати комплексну картину просторової неоднорідності вмісту калію, а також визначити його динаміку впродовж сезонів.

Значення рН сольового вимірювали згідно з ДСТУ 7910:2015³ (методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії). Дані, одержані в ході дослідження, обробляли методами математичної статистики (кореляційно-регресійний аналіз) за допомогою програм Statistica 13.5.0.17, Microsoft Excel 2016.

¹ ДСТУ 4114-2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна. [Чинний від 2003-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 10 с.

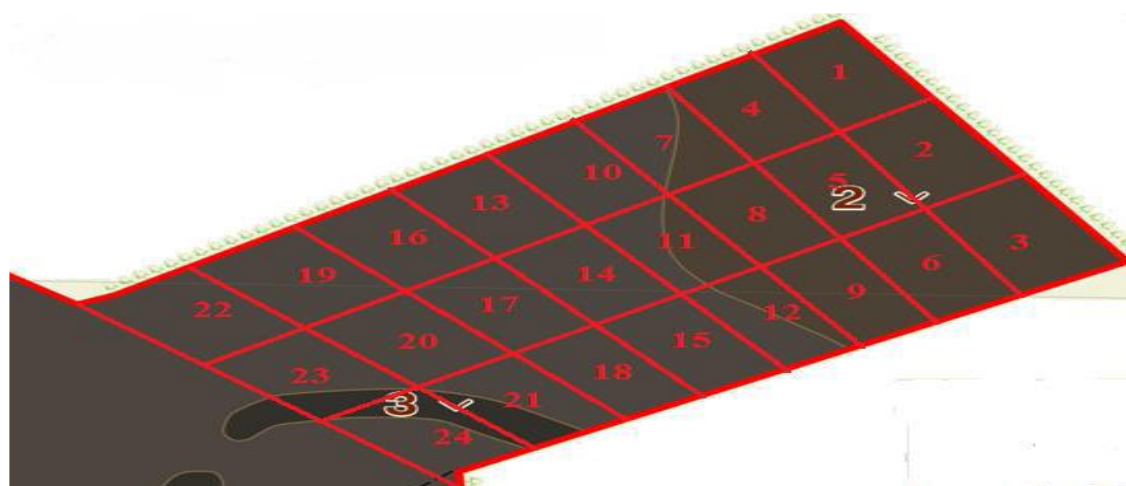
² ДСТУ 4115-2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова. [Чинний від 2003-01-01]. Київ, Держспоживстандарт України, 2002. 10 с.

³ ДСТУ 7910:2015. Якість ґрунту. Визначення обмінної кислотності [Чинний від 2016-07-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ» 2015, 2016. 9 с.



ґрунти: 1. – темно-сірий опідзолений; 2. – темно-сірий у комплексі з еродованим; 3. – чорнозем опідзолений; 4. – чорнозем опідзолений зволожений; 5. – чорнозем опідзолений намитий

Рис. 1. Ґрунтовий покрив та схема розміщення робочих майданчиків на об'єкті № 1



ґрунти: фон – чорнозем типовий; 2 v – чорнозем типовий еродований; 3 v – чорнозем типовий підвищено зволожений

Рис. 2. Ґрунтовий покрив та схема розміщення робочих майданчиків на об'єкті № 2

3. Результати досліджень

Дані досліджень за 2018–2020 роки вказують на суттєву часову варіабельність вмісту рухомого калію, що відображає сезонні та річні коливання. У весняний період у всі роки досліджень значення вмісту калію були найвищими, що може бути зумовлено низькою активністю біологічних процесів у зимовий період і мінімальним виносом елементу рослинами. Наприклад, у 2018 р. середній вміст калію у травні становив 143,8 мг/кг, тоді як у 2019 та 2020 значення були дещо нижчими — 96 і 103,7 мг/кг відповідно. Восени значення вмісту рухомого калію (за Чириковим) у 2018 р. демонструють найбільше зниження, пов'язане з активним виносом калію рослинами, навесні 2019 спостерігалось зменшення до 96 мг/кг, а у 2020 — навіть деяке накопичення до 103,7 мг/кг (Табл. 1).

Результати визначення вмісту калію у ґрунті на об'єкті № 1 за методом Мачигіна у 2018 і 2019 рр. демонструють зниження осінніх значень порівняно з весняними, а у 2020 — навпаки, підвищення.

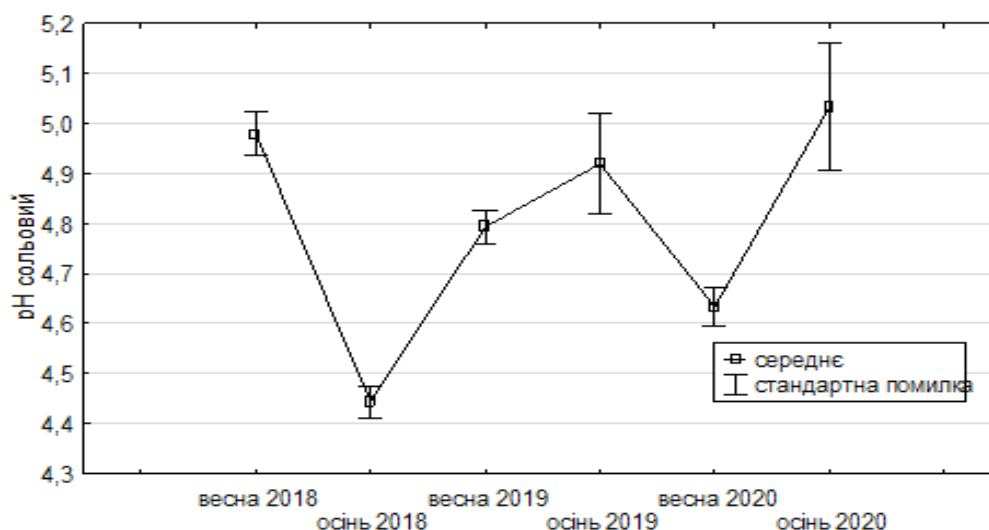
Таблиця 1

Статистичні характеристики варіабельності вмісту рухомого калію у ґрунті на об'єкті № 1

Показник	Вміст рухомого калію, мг/кг ґрунту					
	2018		2019		2020	
	весна	осінь	весна	осінь	весна	осінь
<i>За методом Чирикова</i>						
Середнє арифметичне	143,8	112,5	96,0	102,9	103,7	128,3
Стандартна похибка середнього	4,3	2,5	2,6	3,1	2,6	11,2
Стандартне відхилення	21,0	12,2	12,6	15,0	12,9	54,9
Коефіцієнт варіації	15	11	13	15	12	42
<i>За методом Мачигіна</i>						
Середнє арифметичне	215	190	352	215	184	231
Стандартна похибка середнього	12	3	8	5	4	14
Стандартне відхилення	59	15	39	26	20	68
Коефіцієнт варіації	28	8	11	12	11	29

Просторова неоднорідність калію відображена через показники варіації вмісту калію у різних частинах полігону, що були оцінені статистичними методами (коефіцієнт варіації і стандартне відхилення). Найвищий коефіцієнт варіації за обома аналітичними методами констатовано у пробах, відібраних восени 2020 р.

Середні значення рН свідчать про помітну часову динаміку кислотності ґрунту (Рис. 3) з найвищим значенням восени 2020 р.

**Рис. 3.** Динаміка середніх значень рН сольового ґрунту на об'єкті № 1

У більшості випадків значення рН тримаються у межах 5,5–6,0, що є прийнятним для багатьох сільськогосподарських культур. Найбільше відхилення (0,4) зафіксовано на ділянках з темно-сірими ґрунтами, що свідчить про високу неоднорідність кислотності.

На об'єкті № 2 внесення калійних добрив здійснювали одноразово у формі нітроамофоски в кількості 150 кг/га. Цей захід проводили після відбирання проб ґрунту весною у 2018 році. За результатами аналізу, середній вміст рухомого калію в орному шарі ґрунту, визначений за методом Чирикова, змінювався, залежно від строку пробовідбору, в межах 130–185 мг/кг. Такі значення вказують, переважно, на високий рівень забезпеченості калієм (120–180 мг/кг).

Метод Мачигіна, застосований для аналізування тих самих проб, показав концентрацію калію в інтервалі 211–347 мг/кг. Ці результати свідчать про забезпеченість калієм як на підвищеному (201–300 мг/кг), так і на високому (301–

400 мг/кг) рівнях. Таким чином, різні методики оцінки підтверджують високу родючість ділянки (Табл. 2).

Таблиця 2

Статистичні характеристики варіабельності вмісту в ґрунті рухомого калію на об'єкті № 2 (у шарі 0–30 см)

Показник	Вміст рухомого калію, мг/кг ґрунту					
	2018		2019		2020	
	весна	осінь	весна	осінь	весна	осінь
<i>За методом Чирикова</i>						
Середнє арифметичне	169	185	152	156	152	130
Стандартна похибка середнього	5	5	4	6	4	11
Стандартне відхилення	25	26	19	29	19	55
Коефіцієнт варіації	15	14	13	19	13	42
<i>За методом Мачигіна</i>						
Середнє арифметичне	211	347	282	313	285	258
Стандартна похибка середнього	12	7	7	9	7	15
Стандартне відхилення	56	33	33	43	33	75
Коефіцієнт варіації	27	9	12	14	12	29

4. Обговорення результатів дослідження

Графік (Рис. 4) демонструє зв'язок між значеннями рН ґрунту у весняний період та вмістом рухомого калію на об'єкті № 2 у 2018–2020 роках. Основні тенденції, які можна виділити — це кореляція між рівнем кислотності ґрунту (рН) та концентрацією рухомого калію. У більшості випадків підвищення рН (зміщення в бік нейтрального середовища) супроводжувалося збільшенням вмісту рухомого калію. Це підтверджує вплив кислотно-лужного балансу на доступність калію для рослин. Значення рН варіювалися від 5,0 охоплюючи слабокислі та близькі до нейтральних ґрунти. Концентрація рухомого калію зафіксована в межах від 130 до 200 мг/кг, що відповідає високому рівню забезпеченості за методом Чирикова.

Взаємозв'язок між рівнем рН ґрунту та вмістом рухомого калію є непрямым і значною мірою визначається особливостями вологонакопичення різних ґрунтів на досліджуваній території. Як показано на рис.4, чорноземи типові еродовані (майданчики №1, 3, 4, 5) характеризуються найвищими значеннями рН, але порівняно невеликим вмістом калію за обома методами. Своєю чергою, на ділянках із підвищено зволженими чорноземами та прилеглими територіями (майданчики № 21, 22, 23, 24) зафіксовано найнижчі значення рН, але значно вищі рівні калію. Такий розподіл можна пояснити тим, що накопичення вологи позитивно впливає на доступність калію в ґрунті, особливо у весняний період.

Аналізуючи дані на об'єкті № 1 за роки досліджень, можна виділити групи майданчиків, які демонструють схожу динаміку вмісту рухомого калію (Рис. 5 і 6). Такі тенденції визначаються типами ґрунтів, їх родючістю, і умовами, що впливають на засвоюваність калію.

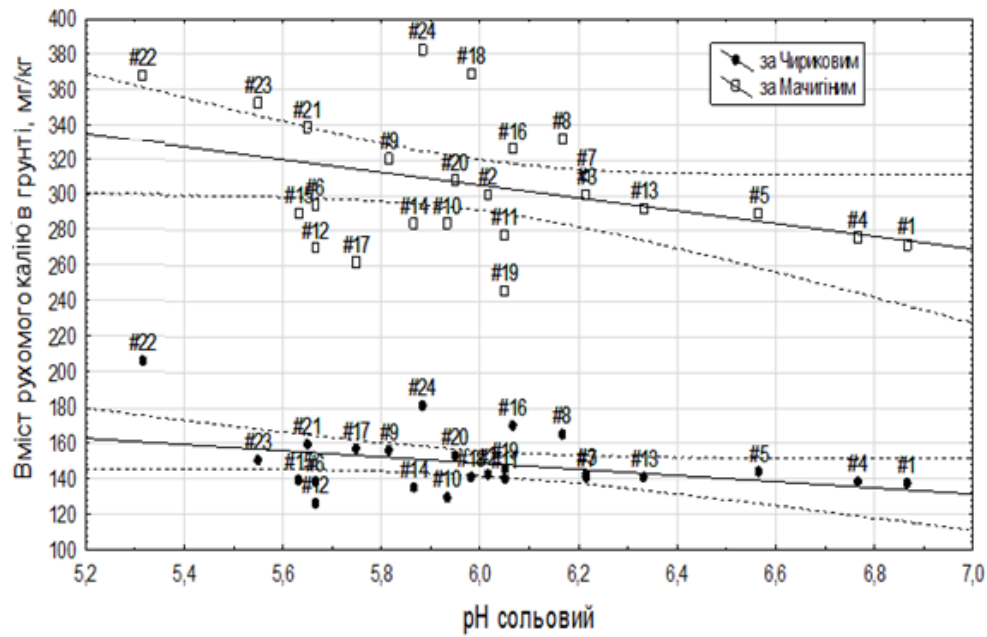


Рис. 4. Зв'язок між pH ґрунту у весняний період та вмістом рухомого калію, визначеного за двома методами, на об'єкті № 2 у 2018-2020 рр.

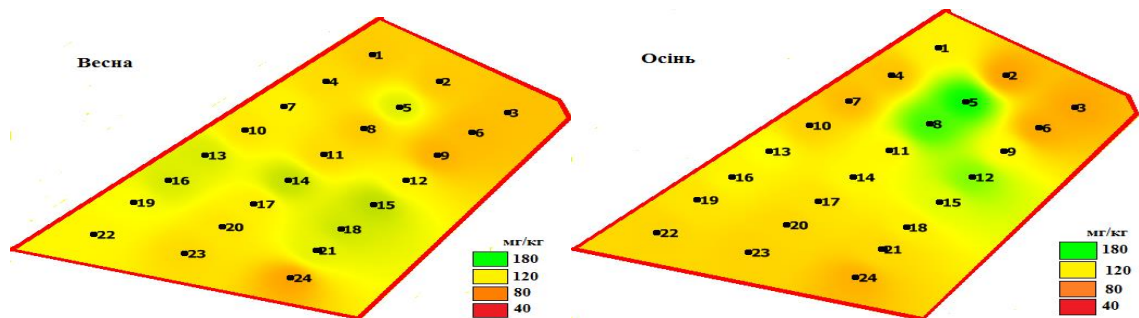


Рис. 5. Картограма вмісту рухомого калію за методом Чирікова у ґрунті на об'єкті № 1 за строками спостережень у 2018-2020 рр.

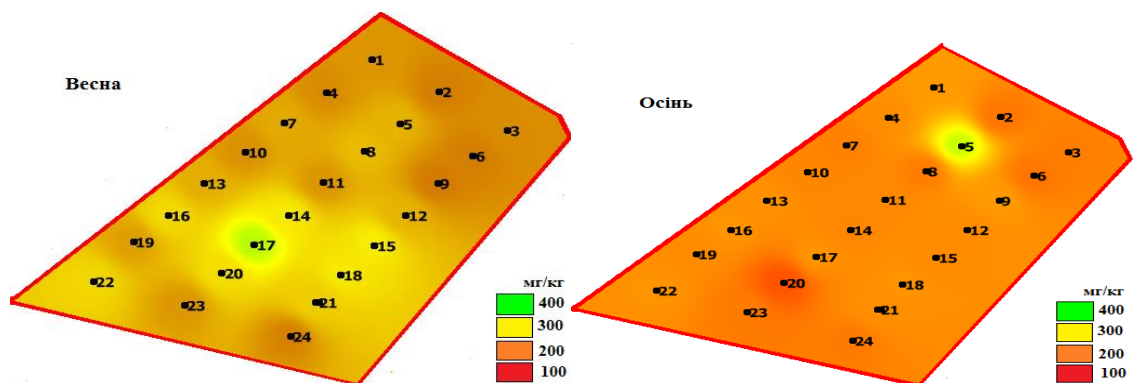


Рис. 6. Картограма вмісту рухомого калію за методом Мачигіна у ґрунті на об'єкті № 1 за строками спостережень у 2018-2020 рр.

Майданчики з чорноземами типовими демонструють стабільну високу забезпеченість калієм протягом усіх сезонів і років дослідження. Весняний період має схожі початкові значення калію (170–185 мг/кг за методом Чирікова та 300–330 мг/кг за методом Мачигіна). Літній період (у цій статті не наведено ці дані) виділяється середнім зниженням до 140–150 мг/кг. Восени повернення до

значень весняного рівня через низьку варіабельність у водному режимі та стабільність органічного шару. Чорноземи типові мають подібну динаміку на різних майданчиках через високу буферну здатність і природну родючість ґрунту. Темно-сірі опідзолені ґрунти демонструють знижені рівні вмісту калію порівняно з чорноземами, але схожу динаміку між собою. Весняні значення рухомого калію варіюють у межах 140–160 мг/кг за методом Чирикова, що нижче, ніж на чорноземах. Восени також спостерігається часткове відновлення, але на 10–20 мг/кг нижче, ніж на чорноземах. Майданчики зі змішаними ґрунтами, які включають еродовані ділянки, демонструють більшу варіабельність у короткотерміновій перспективі, але схожість — у середньому значенні за роки дослідження. Початкові значення коливаються в широкому діапазоні (130–180 мг/кг). Восени відновлення є найменшим порівняно з іншими типами ґрунтів, що пов'язано із зниженою родючістю. Еродовані майданчики мають схожу динаміку на всіх об'єктах через вплив деградаційних процесів.

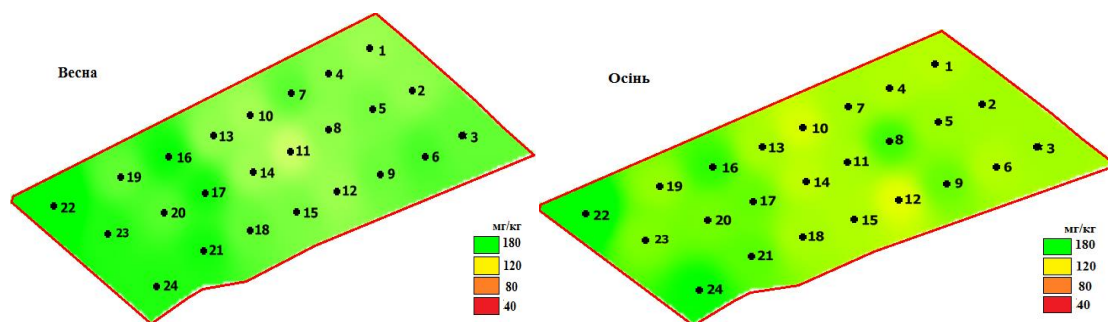


Рис. 7. Картограма вмісту рухомого калію за методом Чирикова у ґрунті на об'єкті № 2 за строками спостережень у 2018-2020 рр.

Початкові значення коливаються в широкому діапазоні (130–180 мг/кг). Восени відновлення є найменшим, порівняно з іншими типами ґрунтів, що пов'язано зі зниженою родючістю. Майданчики з еродованими ґрунтами мають схожу динаміку на обох об'єктах через вплив деградаційних процесів.

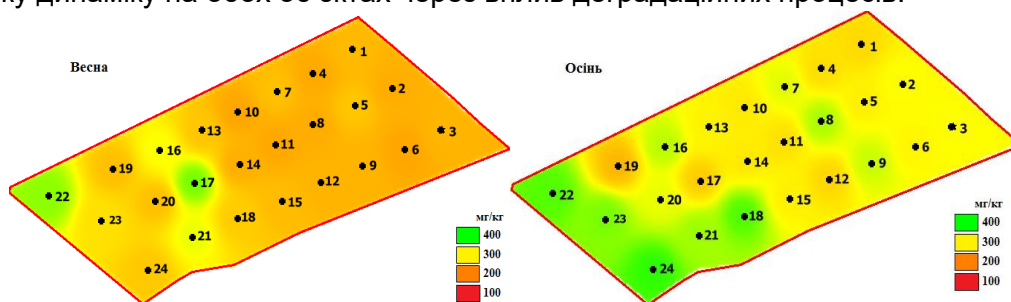


Рис. 8. Картограма вмісту рухомого калію за методом Мачигіна у ґрунті на об'єкті № 2 за строками спостережень у 2018-2020 рр.

Аналіз даних свідчить, що середня різниця між максимальними та мінімальними значеннями вмісту рухомого калію в орному шарі ґрунтів об'єкта № 2 (Рис. 7 і 8) становить: за методом Чирикова — 56,6 мг/кг (мінімальне значення — 137,8, максимальне — 194,4), тоді як середнє арифметичне дорівнює 156,0 мг/кг. За методом Мачигіна ця різниця становить 108,5 мг/кг (мінімум — 248,1 максимум — 356,6) за середнього значення 282,7 мг/кг. Обидва методи підтверджують відповідність отриманих значень межах забезпеченості: 60 мг/кг для методу Чирикова та 100 мг/кг для методу Мачигіна. Як і на об'єкті № 1, розподіл зон із максимальними та мінімальними показниками рухомого калію був стабільним протягом усіх років дослідження. Така повторюваність свідчить про

тісний зв'язок концентрації калію з особливостями структури ґрунтового покриву дослідної території, включаючи фізико-хімічні характеристики і режим вологонакопичення.

5. Висновки

Чорноземи типові, чорноземи опідзолені та темно-сірі опідзолені ґрунти мають схожі тенденції просторово-часових змін вмісту рухомого калію в орному шарі. Однак еродовані та намиті різновиди цих ґрунтів відзначаються помітними відмінностями, хоча в загальних трендах також зберігається схожість у динаміці сезонних коливань. Найвищий рівень вмісту рухомого калію спостерігався у ґрунтах мікрозападин з поліпшеним вологонакопиченням, найнижчий — на еродованих та слабксероморфних ґрунтових різновидах, а середня різниця між ними сягала розмірів однієї градації рівня забезпеченості.

За оцінкою калійного стану ґрунтів результати вимірювань за методом Чирикова та методом Мачигіна мають тісну кореляцію. Поєднання методичних підходів дозволяє отримати комплексну картину просторової неоднорідності калію, а також визначити його динаміку впродовж сезонів.

Кислотність ґрунту є важливим фактором, який впливає на рухомість калію. У більшості випадків підвищення значення рН у бік нейтрального середовища супроводжувалося збільшенням вмісту рухомого калію.

Список використаних джерел

1. Zeng Q., Brown P. H. Soil potassium mobility and uptake by corn under differential soil moisture regimes. *Plant and Soil*. 2000. Vol. 221. № 1. P. 121-134. <https://doi.org/10.1023/a:1004738414847>
2. Куцова К. М. До питання про роль рельєфу у формуванні просторової неоднорідності ґрунтових параметрів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвідом. темат. наук. зб. / ННЦ "ІГА ім. О. Н. Соколовського". Харків, 2021. Вип. 92. С. 80-91. <https://doi.org/10.31073/acss92-09>
3. Балук С. А., Кучер А. В. Просторові особливості ґрунтового покриву як основа сталого управління ґрунтами. *Укр. геогр. журн.* 2019. № 3(107). С. 3-14. <https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.003>
4. Akbas F., Gunal H., Acir N. Spatial variability of soil potassium and its relationship to land use and parent material. *Soil & Water Research*. 2017. Vol. 12. № 4. P. 202-211. <https://doi.org/10.17221/32/2016-SWR>
5. Kucher L. Estimation of potassium reserves in zonal chernozemic soils of Ukraine's forest-steppe. *Polish Journal of Soil Science*. 2018. Vol. 51. № 1. P. 83-91. <https://doi.org/10.17951/pjss/2018.51.1.83>
6. Xu Y., Wang X., Bai J., Wang D., Wang W., Guan Y. Estimating the spatial distribution of soil total nitrogen and available potassium in coastal wetland soils in the Yellow River Delta by incorporating multi-source data. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 106. Art. 105522. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106002>
7. Wu Z., Zhou Y., Xu L. Spatial differentiation and influencing factors of available potassium in cultivated soil in Mountainous Areas of Northwestern Hubei Province, China. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. № 17. Art. 7311. <https://doi.org/10.3390/su16177311>
8. Guo. R., Shi, He X., Chen W., Li X., Ding W. Study on the spatial distribution of the content of potassium in the upper stream of the Hunhe River basin, northeastern China. *Proceedings of SPIE*. 2011. Vol. 8193. Art. 81932Q. <https://doi.org/10.1117/12.887701>
9. Chen Y., Zhang S., Li H., Wang Y. Drivers of nutrient content and spatial variability of soil multifunctionality in the topsoil of Kyrgyzstan. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. Vol. 10. Art. 1001984. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1001984>
10. Zheng C., Yang X., Liu Z., Liu K., Huang Y. Study on the spatial distribution of the content of potassium in the upper stream of the Hunhe River basin, northeastern China. *PeerJ*. 2022. Vol. 10. Art. e13239. <https://doi.org/10.7717/peerj.13239>

UDC 631.811:631.416.4

Spatiotemporal changes in the content of mobile potassium in arable soil**S. S. Kovalenko****National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky”,
Kharkiv, Ukraine**

✉ stanislawkowalenko@gmail.com

ORCID: 0000-0001-6834-2259

Received 19.11.2025; Revised 11.12.2025; Accepted 26.12.2025; Available online 30.12.2025

Abstract. The paper substantiates the spatio-temporal variability of exchangeable potassium content in the arable layer (0–30 cm) of chernozems in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine on two experimental sites during 2018–2020. Site No. 1 was a 48.7 ha field with a heterogeneous soil cover dominated by podzolized chernozem (Luvic Chernic Phaeozem) and dark-gray podzolized soil (Luvic Greyzemic Phaeozem), including eroded and hydromorphic variants; Site No. 2 was a 24 ha field consisting mainly of typical chernozem (Haplic Chernozem) with contours of eroded and excessively moistened variants. Fieldwork involved regular (spring and autumn) collection of composite soil samples from 24 stationary sampling points on each field. Exchangeable potassium content determined by two methods: Chirikov's method (for podzolized soils) and Machigin's method (for neutral and slightly alkaline chernozems). The results revealed high spatial and temporal variability. The highest concentrations of exchangeable potassium were recorded in spring (120–185 mg/kg by Chirikov and 211–347 mg/kg by Machigin), the lowest during the period of intensive vegetation (80–150 mg/kg). After harvest, partial recovery occurred, but not to the spring level. A stable spatial structure of potassium distribution was established: maximum values observed in micro-depressions and hydromorphic contours, minimum values on eroded elevations and slightly xeromorphic variants. The difference between extreme values reached one full fertility class of potassium supply. A statistically significant relationship found between soil acidity (salt pH) and exchangeable potassium content: an increase in pH toward neutral accompanied by an increase in available potassium concentration, whereas in more acidic areas (dark-gray podzolized soils and moist depressions) potassium more strongly fixed. Both analytical methods showed high correlation of results and stability of the spatial pattern over the three years, indicating the dominant influence of soil-forming factors (relief, moisture regime, soil type) over annual weather fluctuations and agricultural practices. The obtained data confirm the need for precision (site-specific) application of potassium fertilizers in the Left-Bank Forest-Steppe, since the average level of potassium supply is high, but local zones of deficiency and excess coexist within the same field. Using only field-average values can lead either to yield losses or to irrational fertilizer expenditure.

Keywords: soil potassium status; exchangeable potassium; spatial heterogeneity; temporal dynamics; Chirikov method; Machigin method; soil pH; precision agriculture.

Citing: Kovalenko, S. S. (2025). Spatiotemporal changes in the content of mobile potassium in arable soil. *AgroChemistry and Soil Science*, 99, 22–31. doi: 10.31073/acss99-03 [in Ukrainian].

References

1. Zeng, Q., & Brown, P. H. (2000). Soil potassium mobility and uptake by corn under differential soil moisture regimes. *Plant and Soil*, 221, 121–134. <https://doi.org/10.1023/a:1004738414847>
2. Kutsova, K. M. (2021). To the issue of the role of relief in the formation of spatial heterogeneity of soil parameters. *AgroChemistry and Soil Science*, 92, 80–91. <https://doi.org/10.31073/acss92-09> [in Ukrainian].
3. Baliuk, S. A., & Kucher, A. V. (2019). Spatial features of soil cover as the basis for sustainable soil management. *Ukrainian geographical journal*, 3(107), 3–14. <https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.003> [in Ukrainian].
4. Akbas, F., Gunal, H., & Acir, N. (2017). Spatial variability of soil potassium and its relationship to land use and parent material. *Soil & Water Research*, 12(4), 202–211. <https://doi.org/10.17221/32/2016-SWR>
5. Kucher, L. (2018). Estimation of potassium reserves in zonal chernozemic soils of Ukraine's forest-steppe. *Polish Journal of Soil Science*, 51(1), 83–91. <https://doi.org/10.17951/pjss/2018.51.1.83>
6. Xu, Y., Wang, X., Bai, J., Wang, D., Wang, W., & Guan, Y. (2019). Estimating the spatial distribution of soil total nitrogen and available potassium in coastal wetland soils in the Yellow River Delta by incorporating multi-source data. *Ecological Indicators*, 106, 105522. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106002>
7. Wu, Z., Zhou, Y., & Xu, L. (2024). Spatial differentiation and influencing factors of available potassium in cultivated soil in Mountainous Areas of Northwestern Hubei Province, China. *Sustainability*, 16(17), 7311. <https://doi.org/10.3390/su16177311>
8. Guo, R., Shi, X., He, X., Chen, W., Li, X., & Ding, W. (2011). Study on the spatial distribution of the content of potassium in the upper stream of the Hunhe River basin, northeastern China. *Proceedings of SPIE*, 8193, 81932Q. <https://doi.org/10.1117/12.887701>
9. Chen, Y., Zhang, S., Li, H., & Wang, Y. (2022). Drivers of nutrient content and spatial variability of soil multifunctionality in the topsoil of Kyrgyzstan. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1001984. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1001984>
10. Zheng, C., Yang, X., Liu, Z., Liu, K., Huang, Y. (2022). Study on the spatial distribution of the content of potassium in the upper stream of the Hunhe River basin, northeastern China. *PeerJ*. 2022. 10. e13239. <https://doi.org/10.7717/peerj.13239>