

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ STUDIES of YOUNG SCIENTISTS

УДК 631.445.4; 631.416.2

Просторова та часова варіабельність вмісту рухомого фосфору в орному шарі ґрунтів за даними різних методів¹

С.С. Коваленко

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

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 01.10.2021 Отримано після доопрацювання 06.12.2021 Затверджено до видання 10.12.2021 Доступно онлайн 20.12.2021	Мета статті – висвітлення результатів оцінювання сталості у часі та просторі вмісту рухомих сполук фосфору у ґрунті в межах орного шару на окремих земельних ділянках. Дослідження проводили впродовж 2018–2020 рр. на двох полях дослідного господарства «Граківське» ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського» у Харківській області України. Ґрунтовий покрив одного з полів становлять чорнозем опідзолений (Chernic Phaeozem) в комплексі з темно-сірим опідзоленим ґрунтом (Luvic Greyzem Phaeozem), а другого поля — чорнозем типовий (Haplic Chernozem) з еродованими та підвищено зволженими різновидами. Кожне поле розділено на 24 ділянки, з яких відбирали змішані зразки ґрунту з 7 індивідуальних проб із шару 0–30 см двічі за сезон — у квітні–травні та у жовтні–листопаді. На ґрунтах опідзоленого ряду виявлено високу амплітуду коливань значень рН сольового впродовж 3-річних спостережень — від 4,4 до 5,2. Внаслідок цього параметри насиченості ґрунтів рухомих фосфором, визначені за методами Чирикова та Мачигіна значно відрізнялись. На полі з чорноземом типовим результати вимірювань за обома методами були близькими. Результати аналізування вмісту рухомого фосфору в ґрунтах поля за середніми значеннями сукупності індивідуальних проб не показали істотних сезонних відмінностей. Однак на кожному з полів виявилися окремі локації з більш високими значеннями як за методом Чирикова, так і за методом Мачигіна, незалежно від сезону відбирання проб. Поряд з цим, на обох полях є локації, де обидва методи визначення показують різні тенденції просторового розподілу вмісту рухомого фосфору, що свідчить про штучний характер такої неоднорідності, зумовленої більше хіміко-аналітичними причинами, аніж рухомістю фосфору.

* E-mail: stanislawkowalenko@gmail.com

Форма цитування: Коваленко С.С. Просторова та часова варіабельність вмісту рухомого фосфору в орному шарі ґрунтів за даними різних методів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2021. Вип. 92. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського». С. 71-79. <https://doi.org/10.31073/acss92-08>

1. Вступ

Одним з найбільш технологічно розвинутих напрямів сучасного землеробства є так зване «точне землеробство» («precise agriculture»), за якого враховують геопросторову інформацію щодо властивостей ґрунтів та стану рослин для диференційованого обробітку ґрунту, удобрення, застосування пестицидів тощо. Точне внесення мінеральних добрив, на підставі такої інформації, дозволяє скоротити витрати та водночас зменшити екологічні ризики [1, 2]. За даними А. Іно та М. Laukkanen, точне управління фосфорним живленням за допомогою диференційованого внесення добрив, залежно від накопичення у ґрунті його рухомих форм, може значно зменшити фосфорне навантаження на агроєкосистеми та запобігти шкоди довкіллю від надмірного удобрення [3].

Необхідною передумовою диференційованого внесення добрив за принципами точного землеробства є наявність просторової неоднорідності забезпеченості рослин доступними ґрунтовими формами елементів живлення. Дослідженнями В.В. Медведєва доведено, що просторова неоднорідність ґрунтів України є здебільшого ймовірнісно-статистичним наслідком дії реліктових та рецентних чинників ґрунтоутворення [4]. Через це закономірності просторового розподілу елементів живлення у ґрунті можуть бути зумовлені як природними, так і антропогенними чинниками.

Накопичення рухомого фосфору (визначеного за Олсенем) у пониженнях з підвищеною вологістю було виявлено дослідженнями Н.Ф. Wilson et al. [5] на горбистих сільськогосподарських ландшафтах південного заходу канадської Манітоби.

¹ Науковий керівник роботи: М.М. Мірошніченко, д-р біол. наук, чл.-кор. НААН

Для оцінки фосфорного стану ґрунтів найчастіше застосовують показник вмісту рухомих форм, який визначають за різними методами, залежно від типу ґрунту та прийнятої в країні агрохімічної практики. Дослідженнями А. Piotrowska-Długosz et al. [6] на Luvisol typical (аналог сірих лісових ґрунтів) показано, що незалежно від сезону (квітень/серпень) найбільш варіабельними, серед форм фосфору в ґрунті, є рухомі сполуки, які визначено за Egner-Riehm (метод Егнера-Рімма, витяжка 0,1 н $\text{NH}_4\text{C}_2\text{H}_5\text{O}_3$, рН 3,7), органічні форми мають середню варіабельність, а неорганічні форми — слабку.

Поряд з цим, питання сталості структури просторової неоднорідності в часі досліджено недостатньо. Відомо, що сезонна динаміка вмісту поживних речовин у ґрунті досить висока. За даними Є.Г. Пивоварової [7], в межах одного поля за різних строків відбирання проб фактор сезонної динаміки більше ніж у три рази перевищував фактор просторової варіації. Поряд із цим, за певних умов можливе й інше співвідношення змін у часі та просторі, адже згідно зі спостереженнями А.І. Мельника зі співавторами [8], мінливість у часі параметрів вмісту рухомого фосфору не перевищує розміру похибки визначення, а середні коефіцієнти варіації становлять 9,2–10,1 %. Аналіз часової мінливості рухомого фосфору в *Orthic Luvisol* в Чехії також виявив відносно невисокий її рівень, але коефіцієнт варіабельності сягав 50–64 % [9]. За даними П.Г. Адерихіна і Д.І. Шубіної [10], в межах одного ареалу чорнозему типового вміст рухомого фосфору в ґрунті орного шару варіював від 76 до 210 мг/кг.

Оскільки впровадження точного землеробства вимагає великого обсягу польових та аналітичних робіт для одержання вихідних даних про неоднорідність властивостей ґрунтів, наразі ведеться пошук шляхів для спрощення та здешевлення цієї процедури. Зменшення кількості вихідних точок опробування більше ніж удвічі може бути досягнуто завдяки застосуванню нових технологій цифрового картографування з використанням штучного інтелекту [11]. Ще одним способом здешевлення здобування необхідної вихідної інформації щодо просторового розподілу рухомого фосфору в ґрунті є застосування дистанційних або безконтактних методів вимірювань. На жаль, найбільш поширені спектрофотометри, що працюють у видимій ближній інфрачервоній або середньо-інфрачервоній частині спектру, не забезпечують достатньої надійності та точності даних [12]. З цих причин, більш реальним шляхом зменшення собівартості робіт з визначення структури просторової неоднорідності може бути виявлення їхньої сталої складової, яка зумовлена геоморфологією, гранулометричним складом ґрунту, водним режимом або іншими чинниками.

Згідно з робочою гіпотезою, критерієм такої сталості може бути наявність локацій зі збільшеним чи зменшеним вмістом фосфору, незалежно від сезону, року досліджень або методу аналітичного визначення. У зв'язку з цим, метою статті було оцінювання збіжності результатів визначення вмісту рухомого фосфору за різними методами впродовж 3-річного циклу досліджень.

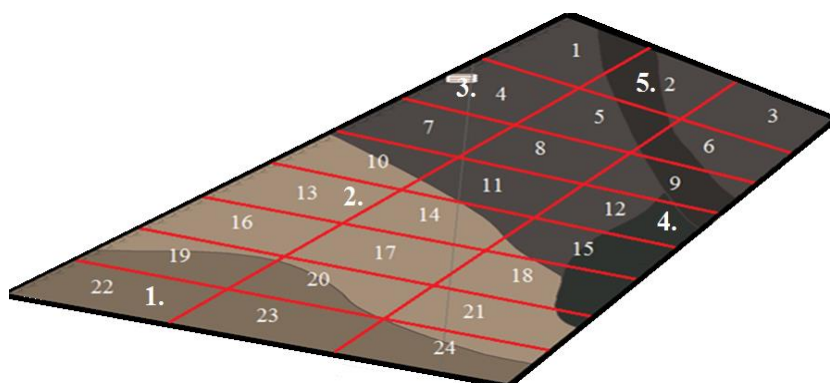
2. Об'єкти та методика досліджень

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

Об'єкт № 1 — дослідне поле площею 48,7 га, розташоване на території Коротичанського відділення ДП ДГ «Граківське» (у Харківському районі). 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.), 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.

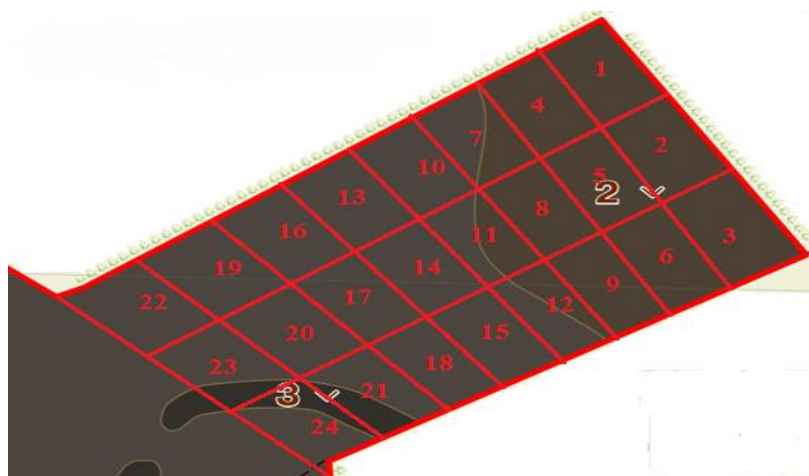
Об'єкт № 2 — дослідне поле площею 24 га, розташоване в ДП ДГ «Граківське» у селищі Дослідне (у Чугуївському районі). У ґрунтовому покритті поля (Рис. 2) переважає чорнозем типовий, але є також контури його еродованих (шифр 2 v), вилугуваних та підвищено зволожених (3 v) різновидів. Вміст органічного вуглецю у ґрунті орного шару коливається від 3,42 % до 3,88 %, рН сольовий — від 5,55 до 7,00.

Дослідження проводили з квітня 2018 до листопада 2020 р. Проби ґрунту відбирали з шару 0-30 см кожного року у квітні–травні та у жовтні–листопаді. 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 весною та 3 восени.



Ґрунти: 1 – темно-сірий опідзолений; 2 – темно-сірий у комплексі з еродованими; 3 – чорнозем опідзолений; 4 – чорнозем опідзолений зволожений; 5 – чорнозем опідзолений намитий

Рис. 1. Ґрунтовий покрив та схема розбивки на робочі майданчики об'єкта № 1



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

Рис. 2. Ґрунтовий покрив та схема розбивки на робочі майданчики об'єкта № 2

Ланка сівозмінні у період 2018-2020 рр. була такою: на об'єкті № 1 — чистий пар—соняшник—кукурудза на зерно, а на об'єкті № 2 — соняшник—кукурудза на зерно—ячмінь. Внесення добрив: нітроамофоска 150 кг/га (2018 р.), аммофос 120 кг/га (2019 і 2020 рр.).

У відібраних пробах ґрунту визначали вміст рухомого фосфору після екстрагування 0.5 н CH_3COOH за Чириковим згідно з ДСТУ 4115 та після екстрагування 1 % $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ за Мачигіним згідно з ДСТУ 4114, а також рН сольовий згідно з ДСТУ 7910. Вміст органічного вуглецю визначено за методом сульфохромного спалювання згідно з ДСТУ 4289. Статистичну обробку даних проводили за допомогою пакету STATISTICA 13.5.0.17.

3. Результати досліджень

Відповідно до сфери застосування національних стандартів на методи визначення рухомого фосфору, метод Чирикова рекомендовано для ґрунтів опідзоленого ряду, а саме: чорноземів опідзолених, темно-сірих опідзолених, сірих та ясно-сірих лісових ґрунтів, а метод Мачигіна — для всіх вищезазначених ґрунтів, а також інших чорноземів (типових, звичайних і південних), лучно-чорноземних, темно-каштанових та інших ґрунтів. Таким чином, на об'єкті №1 правомірним є застосування обох методів, а на об'єкті № 2 більш правильним є застосування методу Мачигіна. Причиною такого обмеження сфери застосування методу Чирикова, як вважає А. Христенко [13], є ймовірність штучного завищення результатів у випадках наявності у ґрунтах апатитоподібних сполук фосфору. Однак, у практиці агрохімічної паспортизації в Харківській області на чорноземах типових до цього часу здебільшого застосовують метод Чирикова. Більше того, агрохімічну паспортизацію передбачено усереднення показників в межах робочих ділянок площею 15 га, що призводить до ігнорування неоднорідності ґрунтів за їх властивостями, у т.ч. за вмістом рухомого фосфору.

За результатами нашого дослідження на об'єкті № 1, середній вміст рухомого фосфору (із поправними коефіцієнтами, запропонованими А.О. Христенко [13]), у період від 30.05.2018 до 17.06.2020 становив 40,0–47,3 мг/кг ґрунту за Чириковим (що відповідає низькому ступеню забезпеченості згідно з рекомендованим групуванням ґрунтів²) та 16,9–31,5 мг/кг — за Мачигіним (середній та підвищений ступінь забезпеченості), що суперечить одне одному (Табл. 1). Тільки восени 2020 р. після внесення мінеральних добрив на цьому полі вміст рухомого фосфору за Чириковим збільшився до середнього ступеня забезпеченості.

Таблиця 1

Статистичні характеристики варіабельності вмісту в ґрунті рухомого фосфору на об'єкті №1 (шар 0–30 см)

Показник	Вміст рухомого фосфору (P_2O_5), мг/кг ґрунту					
	2018		2019		2020	
	30.05	03.08	30.05	03.09	17.06	21.07
<i>За методом Чирикова</i>						
Середнє арифметичне значення	46,2	47,3	47,2	40,0	42,8	70,0
Стандартна помилка середнього	2,8	2,5	2,4	1,1	2,2	12,2
Стандартне відхилення	13,5	12,2	11,8	5,2	10,6	59,6
Коефіцієнт варіації, %	29	26	25	13	25	85
<i>За методом Мачигіна</i>						
Середнє арифметичне значення	21,9	20,6	23,6	16,9	19,3	31,5
Стандартна помилка середнього	0,8	0,6	0,7	0,4	0,6	1,9
Стандартне відхилення	3,9	3,1	3,5	2,1	2,8	9,5
Коефіцієнт варіації, %	18	15	15	12	14	30

Можна припустити, що ґрунти об'єкта №1 також містять апатитоподібні або інші сполуки, що призводить до суперечливості результатів вимірювань за двома методами, адже на архівних картах ґрунти ідентифікувалися як чорноземи типові. Звертає на себе увагу також вища варіабельність результатів аналізу за методом Чирикова, що може бути наслідком впливу стороннього чинника, наприклад, кислотності ґрунту. Динаміку рН показано на рис. 3.

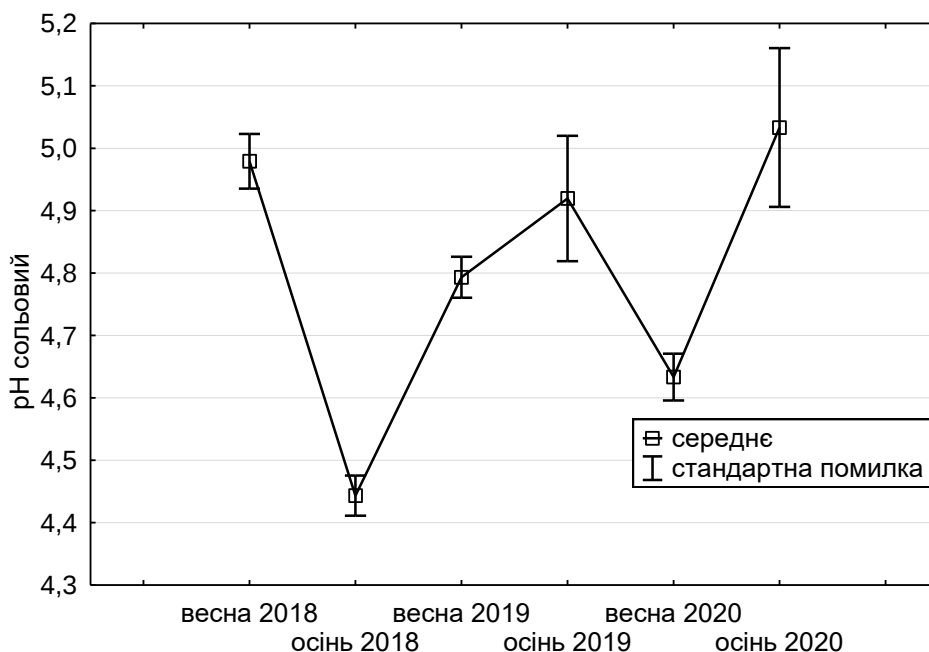


Рис. 3. Динаміка значень рН сольового ґрунту на об'єкті № 1 (шар 0–30 см)

Встановлено, що значення рН сольової витяжки, впродовж трьох років досліджень, зазнавали коливань зі значною амплітудою, змінюючись від 4,6 до 5,4, що можна було б

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

пов'язати з відповідною сезонною міграцією ґрунтових карбонатів у профілі [15]. Однак, динаміка змін рН (Рис. 3.) не виявила сезонного характеру, оскільки падіння значень спостерігалось як восени 2018 р., так і навесні 2020 р.

На об'єкті № 2 загальною оцінкою фосфатного стану за двома методами не виявлено суперечності (Табл. 2). Середній вміст рухомого фосфору за методом Чирикова становив у 2018–2020 рр. 97,8–115,9 мг/кг ґрунту (переважно підвищений ступінь забезпеченості), а за методом Мачигіна — 31,2–55,7 мг/кг ґрунту (підвищений та високий ступінь забезпеченості). Більш висока варіабельність даних притаманна результатам вимірювань за методом Мачигіна.

Таблиця 2

Статистичні характеристики варіабельності вмісту в ґрунті рухомого фосфору на об'єкті №2 (шар 0–30 см)

Показник	Вміст рухомого фосфору (P_2O_5), мг/кг ґрунту					
	2018		2019		2020	
	30.05	03.08	30.05	03.09	17.06	21.07
<i>За методом Чирикова</i>						
Середнє арифметичне значення	102,6	106,4	97,8	115,9	100,3	103,2
Стандартна помилка середнього	4,4	4,1	4,1	5,3	3,4	4,6
Стандартне відхилення	21,4	19,8	20,2	25,9	16,6	22,4
Коефіцієнт варіації, %	21	19	21	22	17	22
<i>За методом Мачигіна</i>						
Середнє арифметичне значення	44,1	45,7	41,7	55,7	46,4	31,2
Стандартна помилка середнього	1,6	2,6	3,3	5,3	2,2	2,3
Стандартне відхилення	7,9	12,8	16,2	25,8	10,7	11,5
Коефіцієнт варіації, %	18	28	39	46	23	37

Динаміка рН сольового на об'єкті № 2 виявилася подібною до об'єкту № 1 (Рис. 4). Це наводить на думку про подібність причин її виникнення, а саме, через схожість зміни гідротермічних умов у Харківському регіоні у період досліджень. Найнижчі значення рН зафіксовано восени 2018 р. та навесні 2020 р., але загальний рівень реакції ґрунту був вищим, ніж на об'єкті № 1.

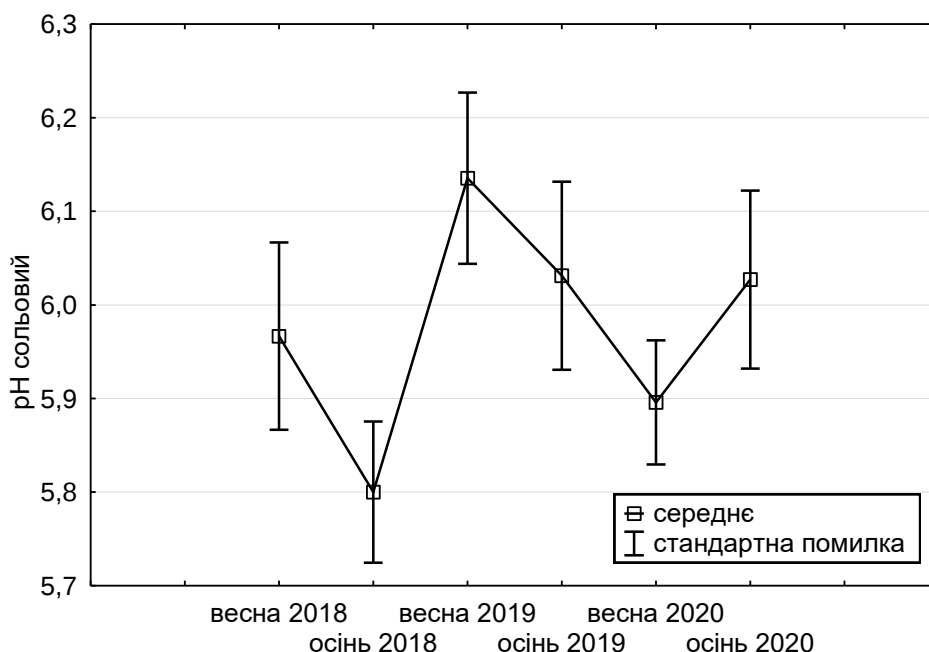


Рис. 4. Динаміка значень рН сольового ґрунтів на об'єкті № 2 (шар 0–30 см)

4. Обговорення результатів

Таким чином, оцінюючи фосфатний стан ґрунтів усього поля за середніми значеннями сукупності індивідуальних проб, як це передбачено методикою агрохімічної паспортизації, ми не знайшли підстав для твердження про істотні сезонні коливання. Різниця була або у межах стандартної помилки, або змінювалася протилежним чином. Це збігається з висновками А. Христенка [13], а також А. Мельника із співавторами [8] про цілком стабільний характер вмісту в ґрунті рухомого фосфору.

Однак, детальний аналіз усієї сукупності даних свідчить про наявність окремих локацій, на яких неодноразово спостерігали більш високий або низький вміст рухомого фосфору, аніж в середньому по полю. Більше того, якщо така особливість ґрунтів у певних місцях має природний, а не штучний характер, то більш високий або низький вміст рухомого фосфору має проявлятися систематично і незалежно від обраного методу.

Для перевірки правильності нашої гіпотези щодо наявності сталої складової просторової неоднорідності ґрунтів за вмістом рухомого фосфору ми порівняли результати спостережень на кожному з об'єктів за обома методами визначення цього показника, а саме: за Чириковим та за Мачигіним. На графіках (Рис. 5), складених за методом накопичувального підсумку, добре видно, що на об'єкті №1 є низка локацій, де неодноразово зафіксовано високі значення, вище середнього, як за методом Чирикова, так і за методом Мачигіна. Зокрема, це майданчики 5, 9, 15, 17, 21, 23. Згідно з ґрунтовою картою, на цих локаціях залягають різні ґрунти, що не дає підстав стверджувати про зв'язок підвищеного вмісту рухомого фосфору з генезисом ґрунтів. Це зрозуміло, оскільки ми досліджували лише орний шар ґрунтів.

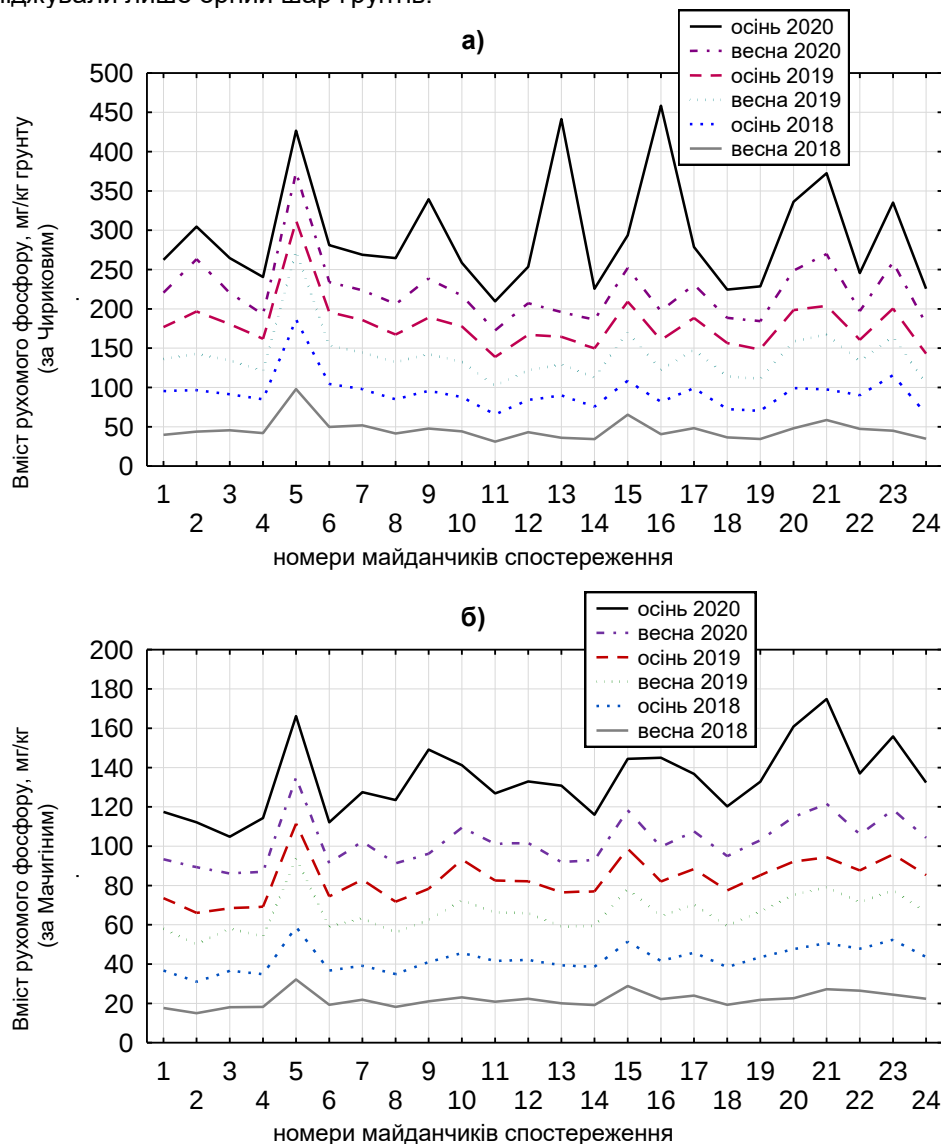


Рис. 5. Вміст рухомого фосфору у ґрунті пробних майданчиків на об'єкті №1 за методами Чирикова (а) та Мачигіна (б)

Аналогічні локації підвищеного вмісту рухомого фосфору спостерігаються також і на об'єкті № 2 (Рис. 6). Це майданчики, які розташовані на контурах підвищено зволоженого (21, 23, 24) та еродованого (2, 5, 8, 12) різновидів чорнозему типового. На майданчиках 1 та 4, які також розташовані на контурі чорнозему типового еродованого, відзначено найнижчі параметри вмісту рухомого фосфору.

Поряд з цим, на обох об'єктах є локації, де визначення за обома методами показують різні тенденції вмісту в ґрунті орного шару рухомого фосфору, наприклад майданчики 2 і 11 на об'єкті №1 та 13 і 16 на об'єкті №2. На нашу думку, це свідчить про штучний характер такої неоднорідності, зумовлений не реальними чинниками, а системною помилкою методу аналізування ґрунту. При цьому помітно, що найвищі значення вмісту рухомого фосфору за Чириковим на майданчиках 13 та 16 на об'єкті №2 (246 та 261 мг/кг відповідно) було визначено за найбільш високих значень рН (6,5 та 6,2 відповідно), які виникли восени 2020 р.

Згідно з висновками С. Penn & J. Camberato [15], саме в цьому інтервалі рН спостерігається найменша фіксація фосфору кальцієм та алюмінієм. Оскільки у попередні цикли досліджень у 2018-2020 рр. такого ефекту не спостерігалось, то вищевказані осередки могли утворитися тільки через нерівномірне внесення добрив восени 2020 р. Як було доведено В. Зубковською [16], за внесення органічних та мінеральних добрив та підвищеного зволоження на кислих за природою ґрунтах відбувається значне посилення міграційної здатності фосфатів, що також збігається з нашими даними. Таким чином, має місце випадкове тимчасове підвищення вмісту рухомого фосфору, а не осередок його концентрації у ґрунтового покриві.

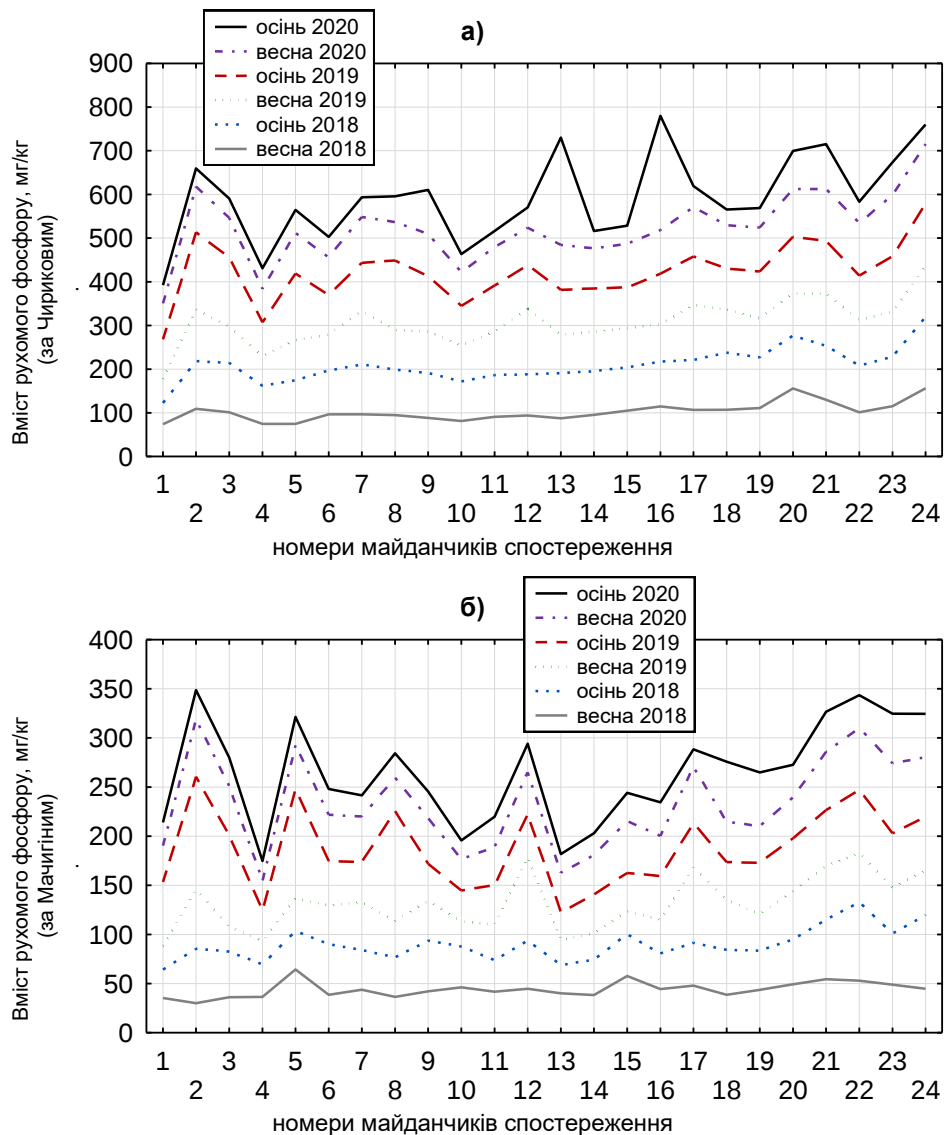


Рис. 6. Вміст рухомого фосфору у ґрунті пробних майданчиків на об'єкті №2 за методами Чирикова (а) та Мачигіна (б)

4. Висновки

1. Часова мінливість вмісту рухомого фосфору в чорноземних та темно-сірих опідзолених ґрунтах, оцінена за усередненими значеннями в шарі 0–30 см на початку та наприкінці вегетаційного періоду в межах сільськогосподарського поля, не показує істотної сезонної динаміки.

2. Просторова неоднорідність вмісту рухомого фосфору в чорноземних та темно-сірих опідзолених ґрунтах має сталу складову, яка проявляється у тенденції до більш високого або низького вмісту в окремих локаціях незалежно від аналітичного методу визначення та сезону відбирання проб. Поряд з цим, на окремих локаціях спостерігаються тимчасові відмінності вмісту рухомого фосфору, спричинені, очевидно, нерівномірним внесенням добрив, зрушенням рН або іншими причинами випадкового характеру.

Подяки. Автор висловлює вдячність науковому керівнику д-ру біол. наук М.М. Мірошниченку та канд. с.-г. наук А.О. Христенку за теоретичні консультації, а також інженерам відділу агрохімії ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» Л. М. Бурлаковій і Ю.Л. Разуменко за допомогу в проведенні аналітичних робіт.

Список використаних джерел

1. Медведев В.В. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть 1. Введение в проблему. Харьков, изд-во «13 типография», 2007. 296 с.
2. Афанасьев Р.А. Агрохимическое обеспечение точного земледелия. *Проблемы агрохимии и экологии*. 2008. 3. С. 46–53.
3. Iho A., Laukkanen M. Precision phosphorus management and agricultural phosphorus loading. *Ecological Economics*. 2012. 77. P. 91–102. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.010>
4. Неоднородность почв и точное земледелие. Часть 2. Результаты исследований. / под ред. В.В. Медведева. Харьков: Городская типография, 2009. 260 с.
5. Wilson H.F., Satchithanatham S., Moulin A.P., Glenn A.J. Soil phosphorus spatial variability due to landform, tillage, and input management: A case study of small watersheds in southwestern Manitoba. *Geoderma*. 280. P. 14–21 <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.06.009>
6. Spatio-temporal variations of soil properties in a plot scale: a case study of soil phosphorus forms and related enzymes / A. Piotrowska-Długosz, J. Lemanowicz, J. Długosz [et al.]. *Journal of Soils and Sediments*. 2016. 16. P. 62–76. <https://doi.org/10.1007/s11368-015-1180-9>.
7. Пивоварова Е.Г. Решение вопросов пространственной и временной вариации агрохимических свойств почв с помощью информационно-логического анализа. *Агрохимия*. 2006. 8. С. 77–84.
8. Мельник А.І., Матухно Ю.Д., Проценко О.І. Мінливість агрохімічних показників темно-сірого опідзоленого легкосуглинкового ґрунту упродовж теплого періоду року. *Вісник Житомирського національного агрокологічного університету*. 2011. 1. С. 76–83.
9. Temporal variability of available phosphorus, potassium and magnesium in arable soil / K. Štípek, V. Vaněk, J. Száková [et al.]. *Plant and Soil Environment*. 2004. 50(12):547–551.
10. Адерихин П.Г., Шубина Д.И. Пространственное варьирование свойств почв и продуктивность сельскохозяйственных растений внутри элементарного почвенного ареала. Структура почвенного покрова и ее значение для картирования почв, учета использования почвенных ресурсов. Кишинев: Штиинца, 1980. С. 36–38.
11. Dong W., Wu T., Sun Y., Luo J. Digital Mapping of Soil Available Phosphorus Supported by AI Technology for Precision Agriculture, *7th International Conference on Agro-geoinformatics (Agro-geoinformatics)*. 2018. P. 1–5, <https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2018.8476007>.
12. Heggermann T., Wagner P., Rodionov A. Predicting plant available phosphorus using infrared spectroscopy with consideration for future mobile sensing applications in precision farming / S. Pätzold, M. Leenen, M. Frizen [et al.]. *Precision Agriculture*. 2020. 21. P. 737–761. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09693-3>
13. Христенко А.А. Теоретические и практические аспекты оценки состояния и динамики азотных, фосфатных и калийных систем почв. Харьков: ФЛП Бровин А.В., 2019. 180 с.
14. Тихоненко Д.Г., Гавва Д.В. Сезонна динаміка карбонатів кальцію у чорноземах типових під різними фітоценозами південно-східного Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва*. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів. 2012. 4. С. 5–10. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhnau_grunt_2012_4_3
15. Penn C.J., Camberato J.J. A critical review on soil chemical processes that control how soil affects phosphorus availability to plants. *Agriculture*. 2019. 9(6), 120. <https://doi.org/10.3390/agriculture9060120>
16. Зубковська В.В. Вплив зволоження на поведінку фосфору у ясно-сірому поверхнево оглеєному лісовому ґрунті. *Вісник аграрної науки*. 2013. 8. С. 70–72.

UDC 631.445.4; 631.416.2

Spatial and temporal variability of available phosphorus content in the arable soil layer according to different methods**Stanislav Kovalenko****National Scientific Center Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky",
Kharkiv, Ukraine**E-mail: stanislawkowalenko@gmail.com

The purpose of the article is to highlight the results of assessing the stability in time and space of the content of mobile phosphorus compounds in the soil within the arable layer on the land plots. The studies were carried out during 2018-2020 on two fields of the experimental farm "Grakovskoe" NSC "ISSAR named after O.N. Sokolovsky" in the Kharkiv region. The soil cover of one of the fields is made up of Chernozem podzolized (Chernic Phaeozem) in combination with Dark gray podzolized soil (Luvic Greyzemic Phaeozem), and the second field is Chernozem typical (Haplic Chernozem) with eroded and highly moistened varieties. Each field was divided into 24 plots, from which mixed soil samples were taken from 7 individual samples from a layer of 0–30 cm twice a season – in April–May and in October–November. On the soils of the podzolized row, a high amplitude of fluctuations in the pH values of salt was found during 3-year observations – from 4.4 to 5.2. As a result, the parameters of soil saturation with mobile phosphorus, determined by the methods of Chirikov and Machigin, were significantly different. In a field with chernozem, the typical measurement results for both methods were similar. The results of the analysis of the content of mobile phosphorus in the soils of the field according to the average values of the aggregate of individual samples did not show significant seasonal differences. However, on each of the fields, there were separate locations with higher values both according to the Chirikov method and the Machigin method, regardless of the sampling season. Along with this, in both fields there are locations where two methods of determination show different trends in the spatial distribution of the content of mobile phosphorus, which indicates the artificial nature of such heterogeneity. This confirms the hypothesis about the presence of a stable and temporarily artificial component of the spatial heterogeneity of the phosphate state of soils.

Keywords: methods; spatial variability; phosphorus is mobile; black soil;

Citing: Kovalenko S.S. (2021). Spatial and temporal variability of available phosphorus content in the arable soil layer according to different methods. *AgroChemistry and Soil Science*. 92, 71-79. [doi:10.31073/acss92-08](https://doi.org/10.31073/acss92-08) [in Ukrainian].