

УДК 631.81:631.45

Вплив диференційованого вапнування на родючість дерново-прихованопідзолистого ґрунту

 Я. І. Бойко

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, e-mail: iaroslavboik@gmail.com

Мета. Виявити особливості впливу диференційованого вапнування на показники родючості дерново-прихованопідзолистого ґрунту в умовах Полісся України. **Методи.** Дослідження проведено на полі площею 133 га в межах Житомирського Полісся у 2019–2024 рр. Застосовано польові методи з елементами точного землеробства, автоматизований відбір ґрунтових зразків за адаптивною сіткою, лабораторні агрохімічні та фізико-хімічні аналізи ґрунту. Просторову інтерпретацію показників здійснювали за допомогою ГІС-технологій та інтерполяції методом Крігінга. **Результати.** Вихідний агрохімічний стан ґрунту відзначався вираженою просторовою неоднорідністю кислотності: значення рН(1:1) варіювали в межах 4,6–7,0, при цьому частка дуже кислих і кислих ділянок перевищувала 35 % загальної площі поля. Вміст органічної речовини коливався від 1,3 до 2,9 %, рухомих форм фосфору – від 17 до 119 мг/кг, калію – від 32 до 92 мг/кг, обмінного кальцію – від 61 до 1201 мг/кг. Застосування диференційованого вапнування з урахуванням просторових карт кислотності зумовило суттєве поліпшення агрохімічних показників ґрунту. У післядії вапнування реакція ґрунтового середовища стабілізувалася на рівні рН 6,3–7,3 на понад 70 % площі поля, що свідчить про ефективну нейтралізацію надлишкової кислотності. Забезпеченість рухомими формами фосфору після вапнування переважно відповідала високому та дуже високому рівням, тоді як калій характеризувався більш вирівняним просторовим розподілом із концентраціями до 117 мг/кг. Уміст обмінного кальцію зріс у середньому на 18–35 % залежно від зони вапнування, а обмінного магнію – на 3–12 мг/кг без переходу до іншої групи забезпеченості. Водночас середній вміст органічної речовини зменшився на 0,3–0,4 %, що зумовлено активізацією мікробіологічної мінералізації за умов оптимізованої кислотності. Попри підвищення рН, концентрація рухомих форм цинку не знижувалася, а, навпаки, зросла на 0,05–0,10 мг/кг, зберігаючи загальну просторову однорідність. **Висновки.** Отримані результати свідчать, що диференційоване вапнування забезпечує не лише нейтралізацію кислотності, а й суттєве вирівнювання агрохімічних показників ґрунту, створюючи передумови для підвищення ефективності удобрення та впровадження технологій точного землеробства.

Ключові слова: диференційоване вапнування; кислотність ґрунту; рН; агрохімічні показники; рухомий фосфор; рухомий калій; обмінний кальцій; магній; цинк; просторова неоднорідність; точне землеробство; Полісся України.

Вступ

В Україні, за даними крупномасштабного агрохімічного обстеження, майже 23 % сільсько-господарських земель характеризуються підвищеною кислотністю, що зумовлює зниження їх родючості та ефективності використання мінеральних добрив. Ґрунтова кислотність насамперед негативно впливає на врожайність високоінтенсивних культур, унаслідок чого вони поступово витісняються із сівозмін більш стійкими до кислих умов, проте менш продуктивними видами, що призводить до зниження загальної результативності землеробства [1].

Особливо гостро ця проблема проявляється в зоні Полісся, де близько третини сільсько-господарських угідь мають підвищену кислотність ґрунтового розчину. Скорочення обсягів вапнування спричиняє подальше розширення площ кислих ґрунтів, що негативно позначається на врожайності сільськогосподарських культур і знижує конкурентоспроможність землеробства регіону [2].

Основним заходом докорінного поліпшення кислих ґрунтів, який має передувати всім іншим, є вапнування. Усунення «гальмівного» впливу кислотності ґрунту на формування врожаю створює передумови для істотного збільшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції. Завдяки вапнуванню значно підвищується ефективність як мінеральної, так і органо-мінеральної систем удобрення. За даними досліджень, систематичне довготривале внесення органічних і мінеральних добрив у поєднанні з вапном підвищує продуктивність сівозміни у 3,4–4,0 рази [3–6].

Ефективність вапнування залежить від низки чинників, основними з яких є ступінь кислотності ґрунту, норма внесення вапна, склад культур у сівозміні та рівень їх удобрення. Позитивна дія вапна на ґрунт і, відповідно, на врожайність сільськогосподарських культур може зберігатися понад 10 років, що зумовлює необхідність проведення спеціальних багаторічних дослідів для об'єктивного оцінювання його ефективності [7].

Територія Поліської та перехідної до Лісостепу частини Чернігівської області охоплює близько двох третин площ сільськогосподарських земель. У ґрунтовому покриві регіону переважають дерново-підзолисті та сірі опідзолені ґрунти. Через свої властивості, зокрема легкий гранулометричний склад, низьку вбирну здатність і невисокий уміст гумусу, вони легко піддаються процесам підкислення. У лісостеповій частині області також поширені опідзолені ґрунти та значні площі вилугованих чорноземів, які також характеризуються підвищеною чутливістю до підкислення [9–12].

За даними останнього агрохімічного обстеження, площа кислих ґрунтів у Чернігівській області досягла 471,5 тис. га, що становить 54 % площі обстежених орних земель. Із них сильно- та середньокислі ґрунти займають 209,6 тис. га.

Зростання кислотності ґрунтів зумовлене як природними чинниками, так і антропогенним впливом. Унаслідок підвищення кислотності погіршуються фізичні, фізико-хімічні, агрохімічні та мікробіологічні властивості ґрунтів, що призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур, особливо чутливих до кислотності та вмісту рухомих форм алюмінію і марганцю [13].

Єдиним і незамінним заходом підвищення продуктивності кислих ґрунтів залишається хімічна меліорація – вапнування [8, 9].

Мета досліджень – виявити особливості впливу диференційованого вапнування на родючість дерново-прихованопідзолистого ґрунту в умовах Полісся України.

Матеріали та методика досліджень

Науково-дослідні роботи проводили на землях, розташованих поблизу населеного пункту Вільха Романівської селищної територіальної громади. Дослідна територія належить до Житомирського Полісся – унікального природного регіону України, що вирізняється різноманіттям природних умов і біогеографічних характеристик.

Ґрунти та їх материнські породи Поліської частини області, умовно північніше широтної межі м. Житомир, сформувалися переважно на льодовикових і водно-льодовикових відкладах, за винятком території Словечансько-Овруцького кряжу. Близьке залягання кристалічних порід до поверхні ґрунту зумовлює розвиток процесів заболочування, які уповільнюють ґрунтоутворення на Поліссі та сприяють формуванню в низинах торфовищ і торф'яно-болотних ґрунтів. На підвищених ділянках місцевості, а також у межах територій із потужним шаром льодовикових відкладів, формуються дерново-підзолисті піщані та супіщані ґрунти з кислою реакцією ґрунтового розчину.

Клімат Житомирського Полісся помірно континентальний, характеризується теплим вологим літом і м'якою хмарною зимою. Його формування зумовлене впливом основних кліматотвірних чинників – сонячної радіації, атмосферної циркуляції, форм рельєфу, а також лісистості й заболоченості території, що визначають наявність місцевих мікрокліматичних відмінностей. Середня багаторічна температура найхолоднішого місяця (січня) становить -6°C , найтеплішого (липня) – $+17...+19^{\circ}\text{C}$. Середня річна температура повітря в області коливається в межах $+6...+7^{\circ}\text{C}$. Найбільші морози спостерігаються у січні та лютому й можуть досягати -30°C . Тривалість безморозного періоду становить 150–170 діб.

Сума активних температур повітря (понад 10°C) коливається від 2400°C на півночі до 2600°C на півдні області. Тривалість періоду із середньодобовими температурами вище 0°C становить 240–260 діб. Вегетаційний період (дні із середньою температурою повітря понад 5°C) триває від другої декади квітня до третьої декади жовтня. Середні дати весняних заморозків на ґрунті припадають на 5–10 травня, а найпізніші спостерігаються в першій половині червня. Осінні приморозки настають, зазвичай, наприкінці вересня – на початку жовтня.

Річна кількість опадів у регіоні становить 550–600 мм. Максимум опадів припадає на літні місяці – червень, липень і серпень, що становить 40–45 % річної їх кількості на Поліссі та 55–60 % – у Лісостепу. Лісостепова частина Житомирського Полісся періодично потерпає від посух. Кількість опадів у період активної вегетації рослин становить 300–350 мм.

Щодо показника вологозабезпечення у роки проведення досліджень (2019–2024 рр.), то сумарна кількість опадів загалом була достатньою для нормального росту й розвитку рослин, що підтверджується даними метеорологічних спостережень (табл. 1).

Таблиця 1

Кількість опадів у період проведення досліджень (за даними додатку Geosys, Романівський р-н) середнє за 2019–2024 рр.							
Сума опадів, мм	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Середнє
За рік	639	621	734	734	673	711	685
За вегетаційний період:							
озимих культур	590	450	609	449	621	641	560
ранніх ярих культур (03–06)	324	260	290	186	243	260	261
пізніх ярих культур (04–09)	450	387	433	429	317	388	401

Утім, останніми роками в регіоні спостерігається тенденція до зменшення кількості опадів, особливо у вегетаційний період ранніх культур, а також до зростання нерівномірності їх випадання протягом вегетації пізніх культур. Найчіткіше ці зміни простежуються у 2022–2024 рр.

Попри те, що річна кількість опадів коливається та загалом залишається близькою до середньобаторічних значень (682 та 678 мм), найкритичнішим періодом залишаються весняні місяці та перша половина вегетації сільськогосподарських культур. Саме в цей час формується продуктивність більшості культур, зокрема й пізніх.

Під час виконання науково-дослідних робіт застосовували польові методи з використанням обладнання та технологій точного землеробства, лабораторні методи – для проведення агрохімічних і фізико-хімічних аналізів ґрунту та рослин з метою оцінки змін родючості ґрунту, засвоєння рослинами макро- та мікроелементів, а також визначення впливу диференційованого застосування вапнякових меліорантів (CaCO_3) на врожайність і якість зерна сільськогосподарських культур. Математично-статистичні та розрахункові методи використовували для аналізу й оброблення отриманих експериментальних даних і наукового обґрунтування рекомендацій для виробництва щодо застосування технологій диференційованого внесення вапнякових меліорантів.

Відбір зразків ґрунту здійснювали за допомогою автомобіля типу пікап Mitsubishi L200, обладнаного автоматичним пробовідбірником AgriSoilSampler від компанії AgriLab (рис. 1).



Рис. 1. Автоматизований пробовідбірник для відбирання зразків ґрунту

Пробовідбірник дистанційно керується з кабіни автомобіля та оснащений планшетом із ГІС-програмним забезпеченням для створення й навігації за заздалегідь розробленими маршрутами відбору ґрунтових зразків (рис. 1). Автомобіль обладнано GPS-антенною з точністю сигналу до 30 см.

Автоматичний відбір ґрунтових зразків проводився за адаптивною сіткою, де елементарна ділянка становила 10 га. Із кожної ділянки формувався один змішаний зразок, що складався з 20 точкових проб ґрунту, які відбирали буром на глибину до 30 см. Така схема забезпечила отримання репрезентативних даних про ґрунтові характеристики всієї площі поля, що дає змогу проводити точний аналіз і застосовувати диференційовані агротехнічні заходи (рис. 2).



Рис. 2. Схема відбирання ґрунтових зразків на полі 133 га

Для визначення фізико-хімічних і агрохімічних показників ґрунтів застосовували методи, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Методи визначення агрохімічних та фізико-хімічних показників ґрунту

Показник	Одиниці виміру	Метод визначення
pH ґрунту	од. pH	pH водний (1:1) потенціометрія
pH буферний	од. pH	Wdrf буфер потенціометрія
Органічна речовина	%	Пряме визначення за втратами при спалюванні (LOI)
Нітрати (NO ₃)	мг/кг	Метод відновлення кадмієм (FIA)
Фосфор (P)	мг/кг	Mehlich-3 (Екстрагент: 0,2N CH ₃ COOH, 0,25N NH ₄ NO ₃ , 0,015N NH ₄ F, 0,013N HNO ₃ , 0,001M ЕДТА)
Калій (K)	мг/кг	Амонійно-ацетатна витяжка (Ac) Екстрагент: 1 M CH ₃ COONH ₄ , pH 7,0 (ICP)
Кальцій (Ca)	мг/кг	Амонійно-ацетатна витяжка (Ac) Екстрагент: 1 M CH ₃ COONH ₄ , pH 7,0 (ICP)
Магній (Mg)	мг/кг	Амонійно-ацетатна витяжка (Ac) Екстрагент: 1 M CH ₃ COONH ₄ , pH 7,0 (ICP)
Натрій (Na)	мг/кг	Амонійно-ацетатна витяжка (Ac) Екстрагент: 1 M CH ₃ COONH ₄ , pH 7,0 (ICP)
Сірка (S)	мг/кг	Монокальцій фосфатна витяжка (Ca-P)
Цинк (Zn)	мг/кг	Діетилен триамін пентаоцтова кислота (DTPA) (ICP)
Залізо (Fe)	мг/кг	Діетилен триамін пентаоцтова кислота (DTPA) (ICP)
Марганець (Mn)	мг/кг	Діетилен триамін пентаоцтова кислота (DTPA) (ICP)
Мідь (Cu)	мг/кг	Діетилен триамін пентаоцтова кислота (DTPA) (ICP)
Бор (B)	мг/кг	Екстрагент: гаряча H ₂ O
Вміст водорозчинних солей	ммоль/см	Кондуктометрія (Cond 1:1)
Сума катіонів	мг-екв/100 г	Розрахунковий
Насиченість основами	%	Відсоток від базового насичення катіонами

Досліджуване поле загальною площею 133 га (н. п. Вільха, Житомирська обл.) характеризується неоднорідним ґрунтовим покривом та значною варіабельністю властивостей ґрунту, зокрема рівня рН. Розміщення варіантів у досліді здійснювали відповідно до зон неоднорідності за показником рН, повторність – триразова.

Ґрунти дослідного поля представлені дерново-прихованопідзолистими та слабкопідзолистими глеюватими піщаними і глинисто-піщаними ґрунтами, а також лучно-чорноземними піщано-суглинковими ґрунтами. Вони мають такі агрохімічні та фізико-хімічні характеристики орного шару (0–30 см): рН (1:1) – від 4,6 до 7,0; рН (буферний) – від 6,7 до 7,2; вміст органічної речовини – від 1,3 до 2,9 %; фосфор (Р) – від 17 до 119 мг/кг ґрунту; калій (К) – від 32 до 117 мг/кг; кальцій (Са) – від 61 до 1201 мг/кг; магній (Mg) – від 15 до 70 мг/кг.

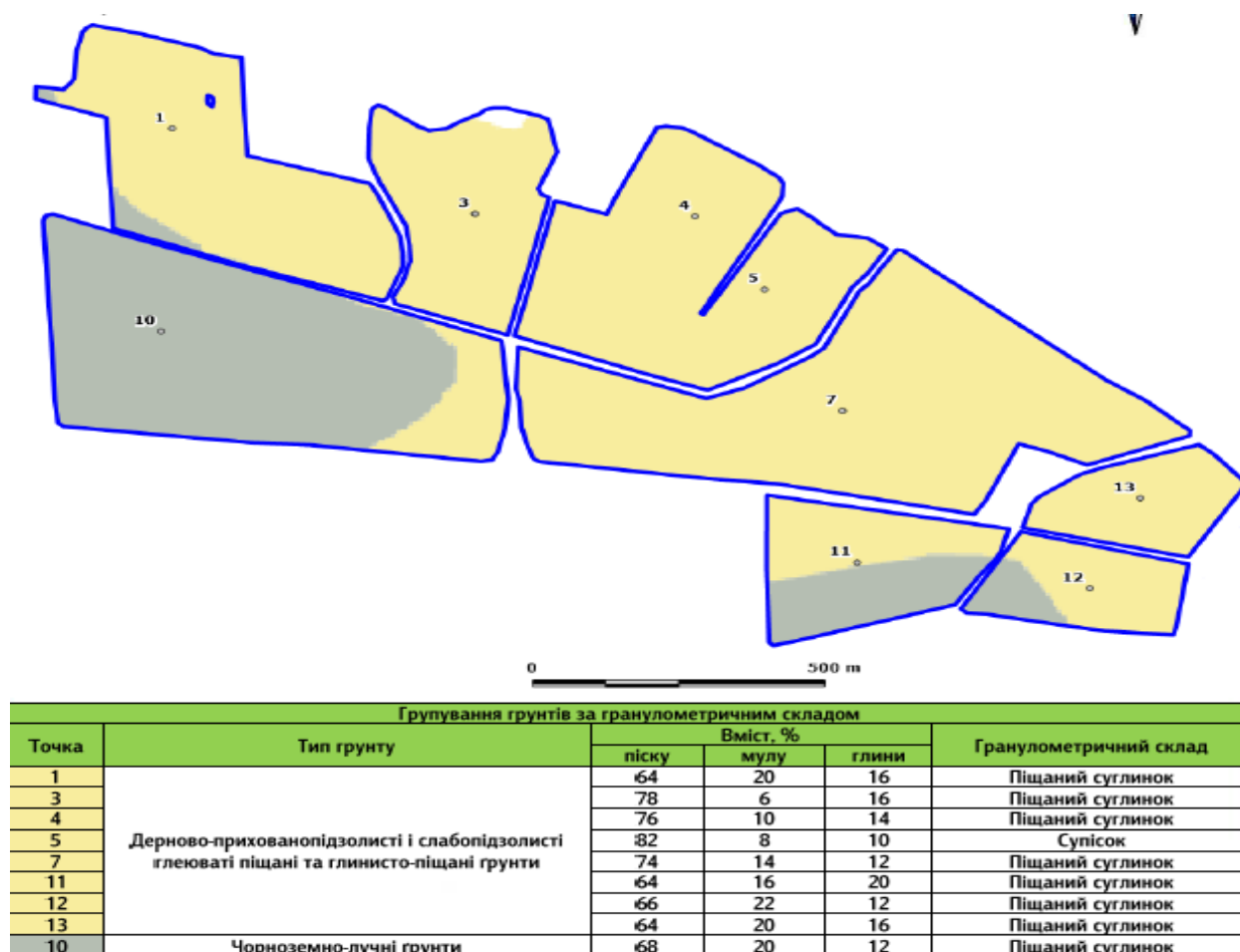


Рис. 3. Групування ґрунтів за гранулометричним складом у межах дослідного поля 133 га

Результати досліджень

За гранулометричним складом досліджувані ґрунти належать до дерново-підзолистих та сірих опідзолених типів, хоча на полі трапляються й чорноземно-лучні відміни. Тому навіть у межах однієї зони проведення досліджень важливим є визначення типів ґрунтів та їх накладання на карту полів. Від правильної ідентифікації типу ґрунту залежить не лише ефективність наукових висновків щодо впровадження певних агротехнічних операцій, а й доцільність проведення цих агрозаходів.

Це спростовує твердження про однорідність ґрунтових відмін у межах одного агроґрунтового регіону та можливість їх типового обробітку, адже навіть на одному дослідному полі спостерігається декілька відмін типу ґрунту.

Зокрема, дослідне поле має сірі опідзолені та сірі опідзолені оглеєні ґрунти різного гранулометричного складу – піщаного, суглинкового, важкосуглинкового та піщано-важкосуглинкового, а також чорноземно-лучні ґрунти.

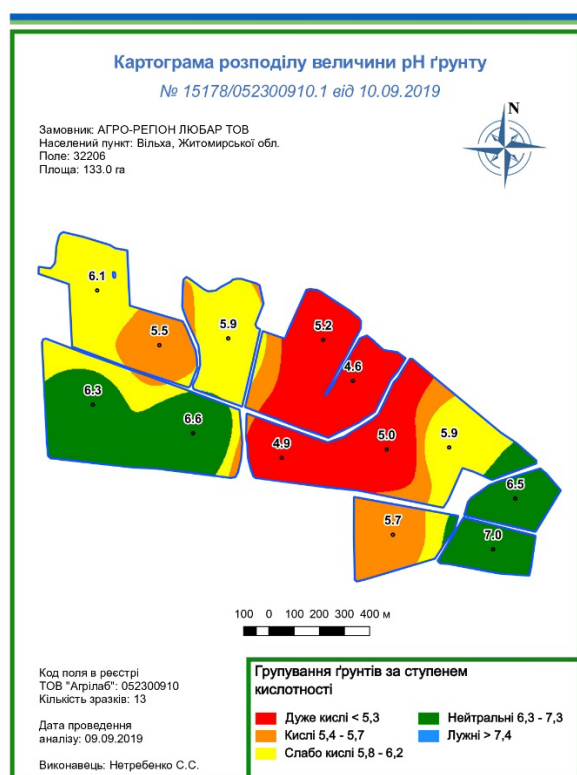
Результати аналізу зразків ґрунту, відібраних на початку досліджень у межах дослідного поля площею 133 га, наведено в таблиці 3.

**Результати аналізу зразків ґрунту, відібраних на початку досліджень
у межах дослідного поля 133 га, вихідні дані**

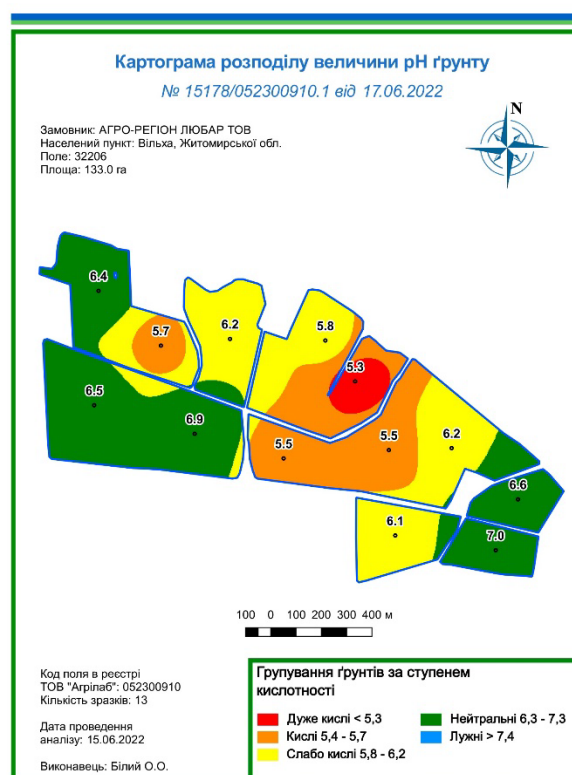
Номер зразка	pH (1:1) ґрунту	pH буф.	Розчинні солі, ммоль/см	Орган. речовина, %	Нітрати (NO ₃), мг/кг	Фосфор (P), мг/кг	Амонійно-ацетатний буфер, мг/кг				Сірка (S), мг/кг	Мікроелементи (DTPA), мг/кг				Сума катіонів, мг-екв/100 г	Насиченість основами, %				
							K	Ca	Mg	Na		Zn	Fe	Mn	Cu		H	K	Ca	Mg	Na
1	6,1	6,8	0,06	2,9	2,0	17	52	780	43	9	12	0,49	97,5	6,6	0,29	5,9	25	2	66	6	1
2	5,5	6,8	0,10	2,2	7,5	31	43	664	35	10	16	0,47	107,1	5,7	0,30	6,2	39	2	53	5	1
3	5,9	6,9	0,09	2,1	11,3	56	53	606	38	8	14	0,49	76,9	6,9	0,16	4,8	27	3	62	7	1
4	5,2	6,7	0,04	1,6	0,6	34	45	203	35	18	22	0,65	79,3	14,2	0,17	4,8	69	2	21	6	2
5	4,6	6,7	0,06	1,3	10,7	33	32	61	15	8	16	0,38	119,0	7,7	0,17	3,4	84	2	9	4	1
6	5,9	6,7	0,04	2,8	1,6	32	87	550	42	12	11	1,09	146,6	9,7	0,23	6,5	48	3	42	5	1
7	5,0	6,7	0,04	2,6	6,3	44	92	274	28	8	16	1,11	161,5	16,5	0,28	5,4	65	4	26	4	1
8	4,9	6,7	0,03	1,3	2,4	119	63	91	16	8	13	0,80	85,5	27,5	0,22	4,3	82	4	10	3	1
9	6,6	7,2	0,06	2,1	4,1	74	61	1031	43	8	16	0,39	53,8	5,5	0,20	5,7	0	3	90	6	1
10	6,3	6,9	0,06	2,9	5,4	25	117	1201	70	9	13	0,43	93,6	5,6	0,45	8,2	16	4	73	7	0
11	5,7	6,8	0,08	2,1	8,7	42	72	584	42	13	20	1,00	69,0	8,5	0,21	5,4	35	3	54	6	1
12	7,0	7,2	0,08	2,3	8,4	61	82	1143	61	7	14	0,61	32,6	6,5	0,22	6,5	0	3	88	8	0
13	6,5	7,0	0,07	2,0	1,7	29	69	856	62	13	20	0,56	49,1	7,1	0,29	5,4	7	3	79	10	1

Як видно з даних таблиці, спостерігається значна варіабельність pH ґрунту та інших показників. Зокрема, за результатами 2019 року середнє значення pH становило 5,8, pH буферний – 6,9, уміст органічної речовини – 2,2 %, нітратів – 5,4 мг/кг, фосфору – 46,0, калію – 67 мг/кг. Уміст кальцію становив 619 мг/кг ґрунту, магнію – 41,0, натрію – 10,0, сірки – 15,6, заліза – 90,0, марганцю – 10,0 мг/кг, а сума катіонів досягала 5,6 мг-екв/100 г ґрунту.

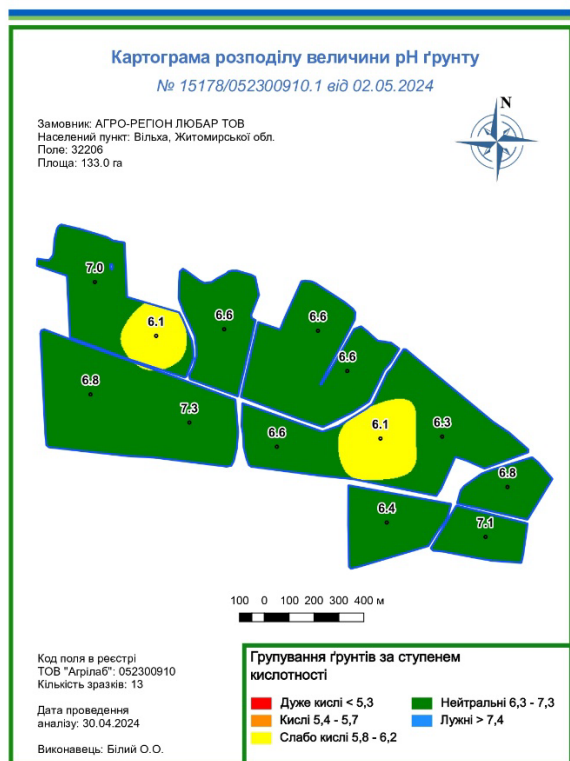
Для картографування ґрунтових властивостей і інтерпретації просторових варіацій застосовували інтерполяцію методом крігінга за допомогою ГІС-програми QGIS. Цей підхід дає змогу створювати точні карти розподілу ґрунтових показників, урахувувати просторову кореляцію даних і підвищувати точність прогнозів для диференційованого управління агротехнічними процесами (рис. 4–10).



2019



2022



2024

Рис. 4. Картосхема просторового розподілу показника рН (Kriging), поле № 1 (133 га) в розрізі років досліджень

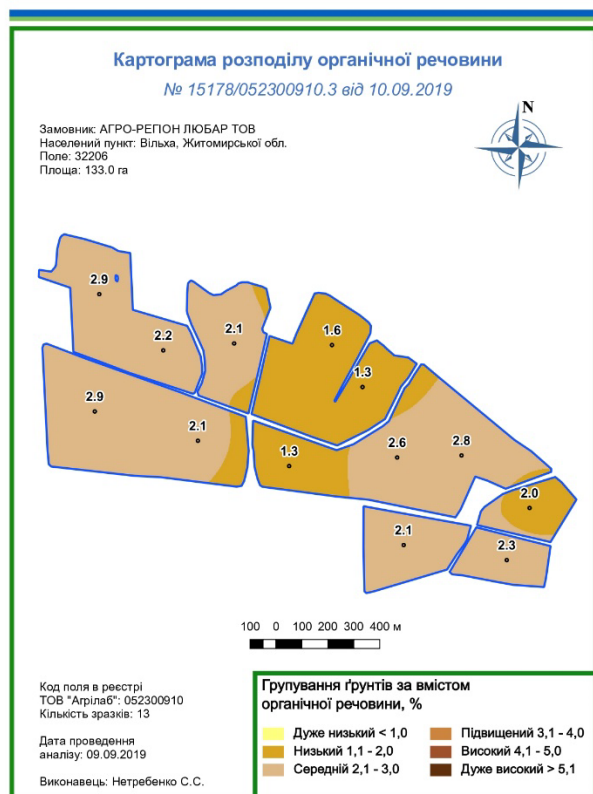
На початковому етапі спостережень, у 2019 році, просторовий розподіл показників рН ґрунту на дослідному полі характеризувався значною строкатістю. Приблизно третина площі поля мала дуже кислі ґрунти з рН менше ніж 5,3. Ще близько третини площ належали до категорії кислих (рН 5,4–5,7) та слабкокислих (рН 5,8–6,2), а решта території характеризувалася нейтральними показниками кислотності ґрунту.

Після диференційованого внесення вапна кислотність ґрунту суттєво змінилася в бік наближення до нейтральних значень. У зоні, де були слабкокислі ґрунти, значно зросла частка нейтральних ґрунтів за показниками рН. На ділянках із дуже кислими та кислими ґрунтами площа дуже кислих ділянок різко скоротилася, а кислотність трансформувалася у межах кислих та слабкокислих ґрунтів. Зокрема, у точках із початковим найнижчим показником рН 4,6 після внесення вапна рН підвищився до 5,3.

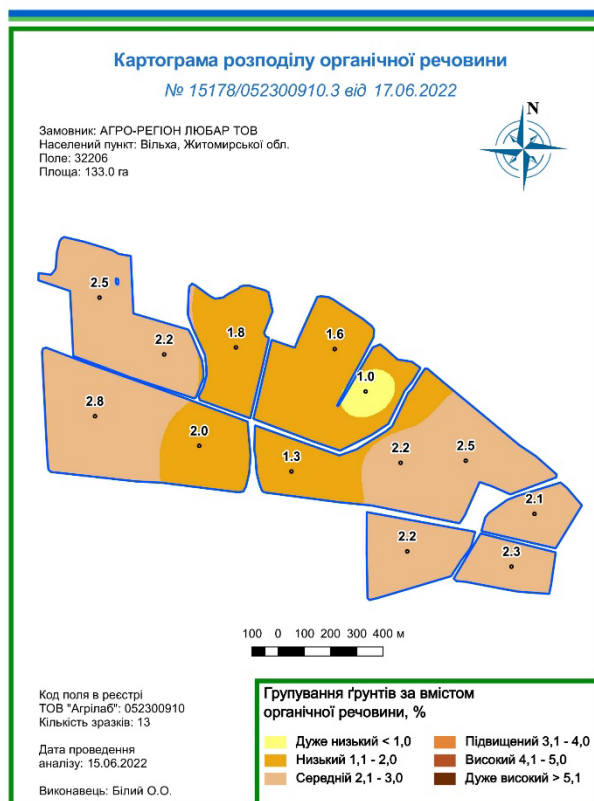
Надалі кислотність ґрунтів була додатково оптимізована, і в умовах 2024 року у просторовій структурі поля залишилися лише дві ділянки з рН 6,1, тоді як решта площі відповідала нейтральним показникам – від 6,3 до 7,3.

Динаміка просторового розподілу органічної речовини на полі №1 у розрізі років досліджень представлена на картограмах (рис. 5). На початковий час понад дві третини площі мали середній вміст органічної речовини від 2,1 до 2,9 %, а лише третина ґрунтів характеризувалася низьким її вмістом – 1,3–2,0 %.

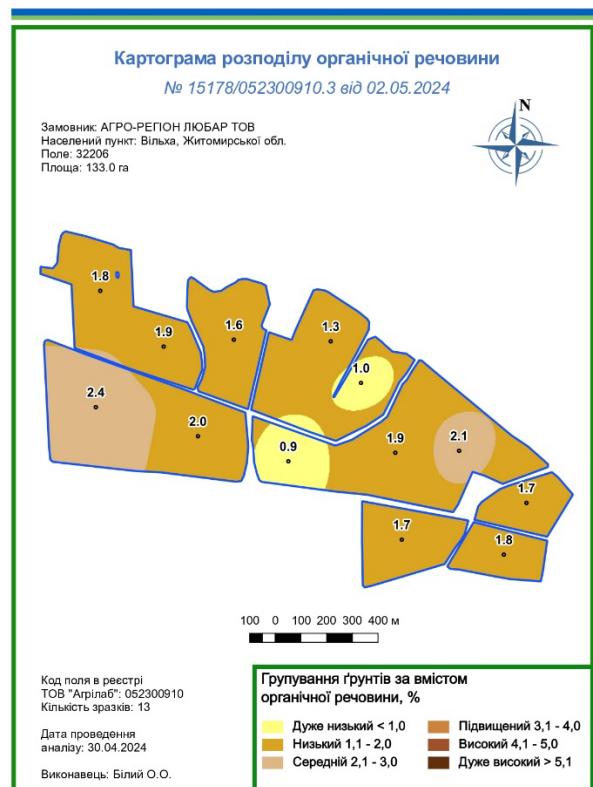
Після внесення вапна в ґрунті активізуються мікробіологічні процеси розкладу органічної речовини, а культури активніше засвоюють елементи живлення, що сприяє деякому зменшенню показників. У результаті зона низького вмісту органіки дещо розширилася, з'явилася одна точка з вмістом 1,0 %. У 2024 році вміст органічної речовини залишався низьким на майже 85 % площі поля, і спостерігалися дві точки з дуже низьким вмістом – 0,9 та 1,0 % відповідно.



2019



2022



2024

Рис. 5. Динаміка просторового розподілу органічної речовини в розрізі років досліджень

Цікаві залежності спостерігалися також у просторовому розподілі рухомих форм фосфору (рис. 6). У 2019 році дуже високий його вміст (56–119 мг/кг) спостерігався на приблизно третині площі поля. Після внесення вапна спостерігалось збільшення вивільнення рухомого фосфору, і цей показник став дуже високим вже на двох третинах площі поля.

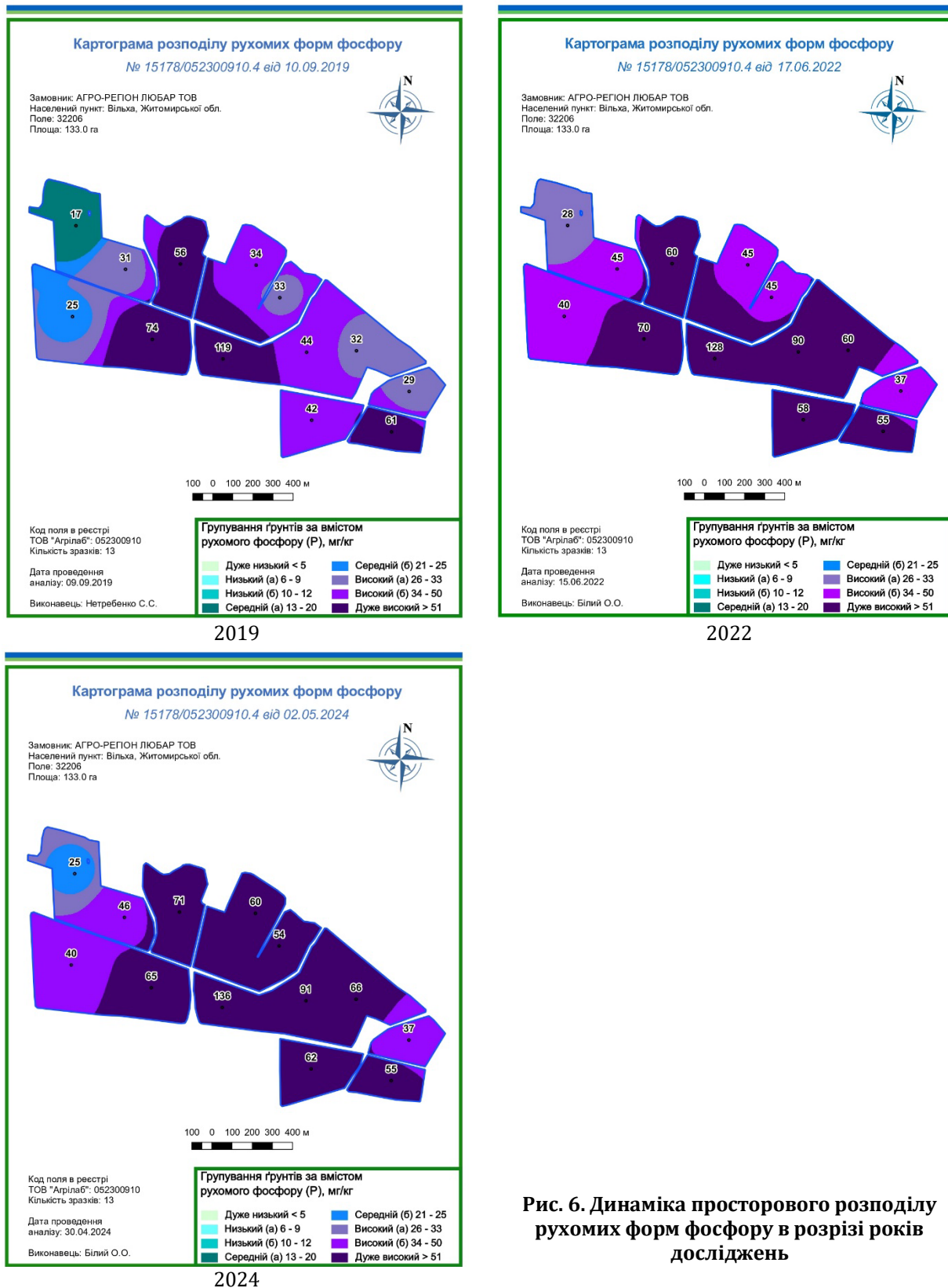
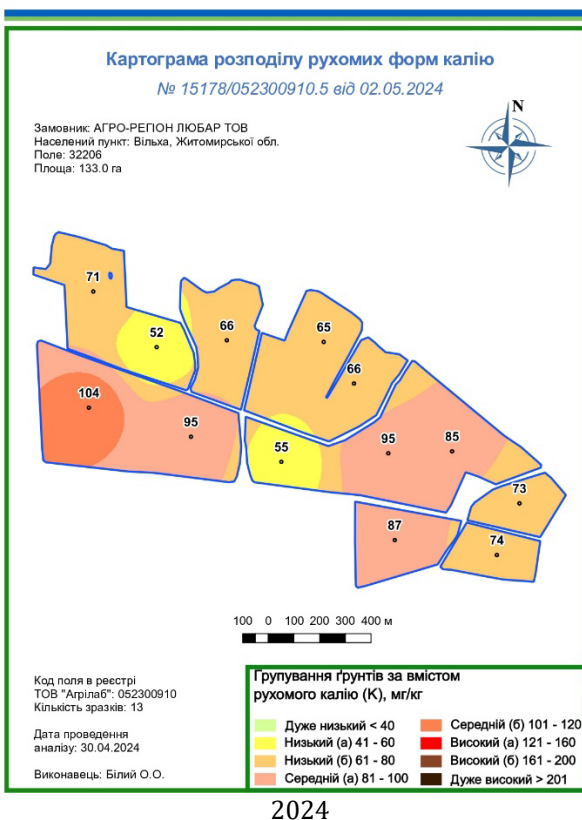
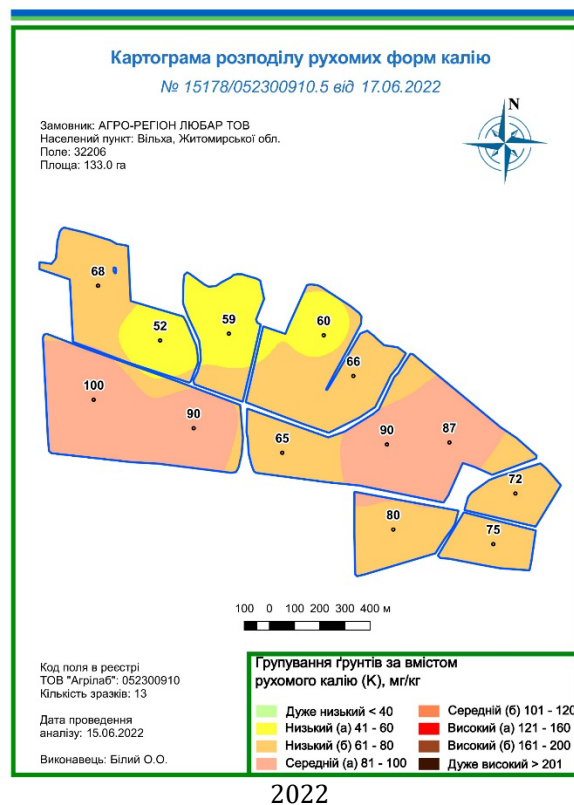
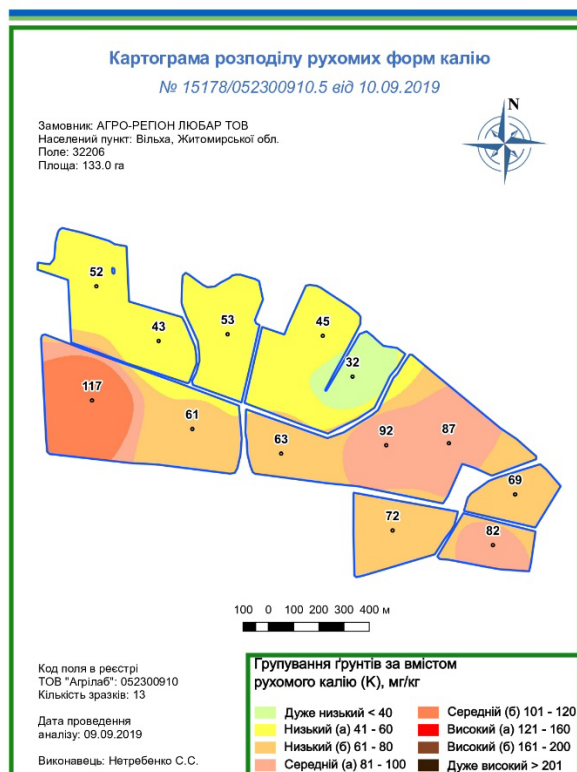


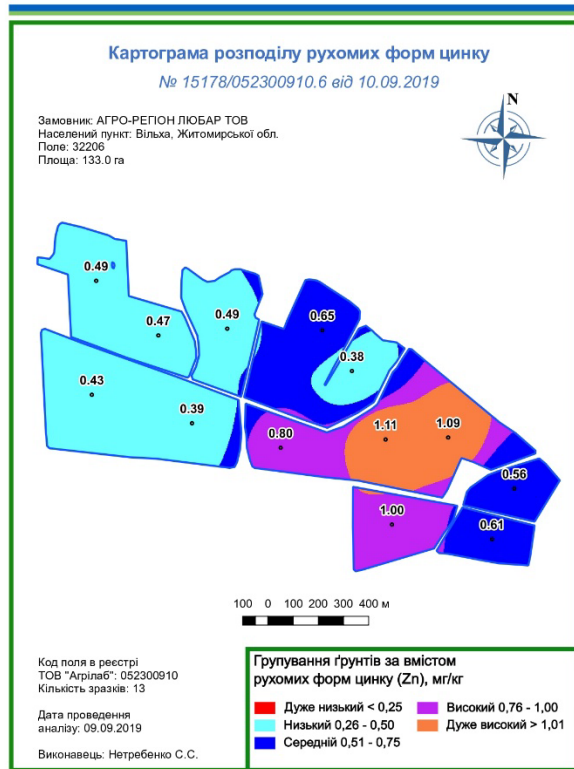
Рис. 6. Динаміка просторового розподілу рухомих форм фосфору в розрізі років досліджень

За показниками вмісту калію після проведення вапнування спостерігалось вирівнювання його концентрації на більшій частині поля на рівні середнього забезпечення ґрунту (рис. 7).

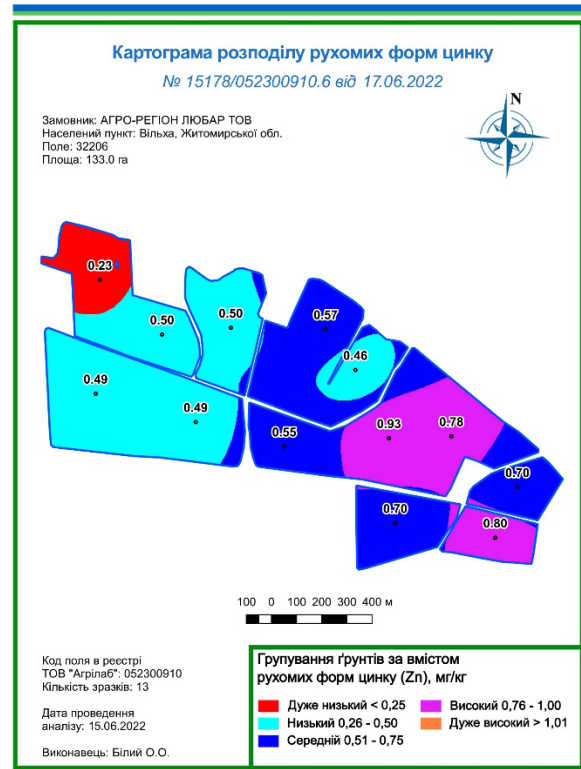


**Рис. 7. Динаміка просторового розподілу
рухомих форм калію в розрізі років досліджень**

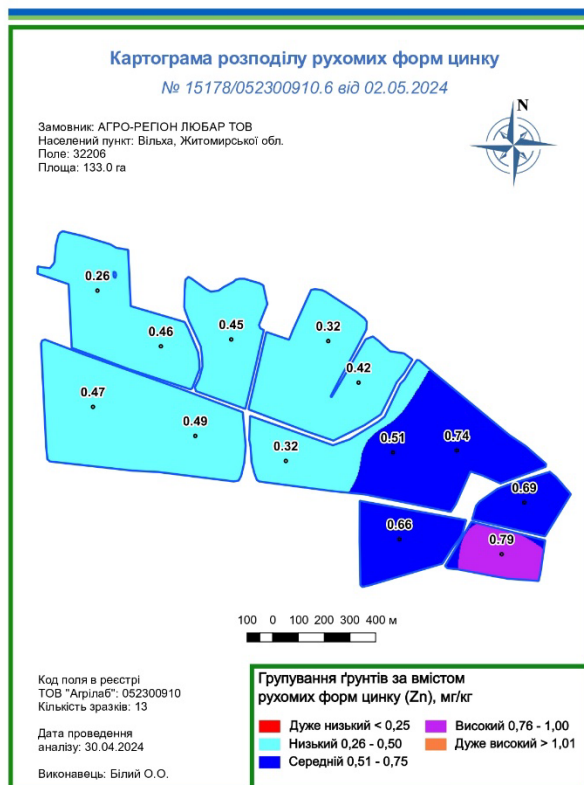
Також було проведено оцінювання вмісту в ґрунті рухомих форм цинку (рис. 8), кальцію (рис. 9) та магнію (рис. 10).



2019



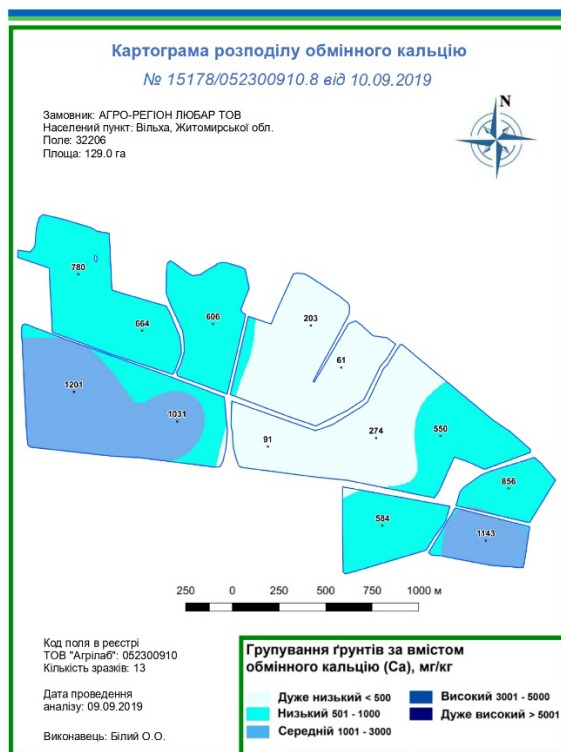
2022



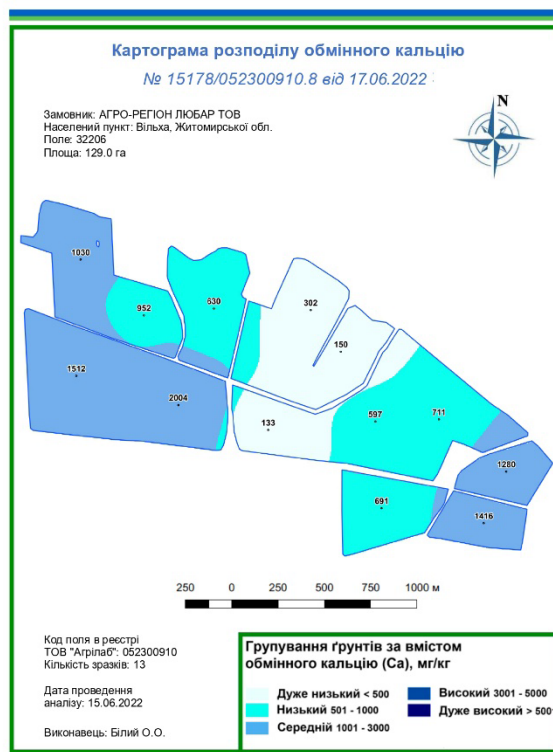
2024

**Рис. 8. Динаміка просторового розподілу
рухомих форм цинку в розрізі років
досліджень**

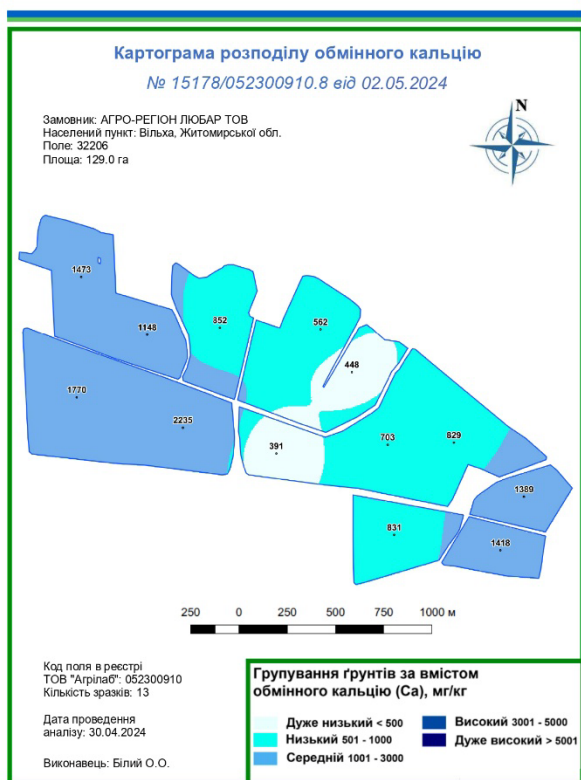
За просторовим розподілом рухомих форм цинку на початку досліджень спостерігався низький його рівень у лівій половині поля та градація від низького до дуже високого в центральній і правій частинах. Під впливом внесення вапна строкатість показника зменшилася, і у 2024 році на приблизно двох третинах площі зафіксовано низький рівень цинку, а на решті – середній рівень забезпечення рухомими формами цього елемента.



2019



2022



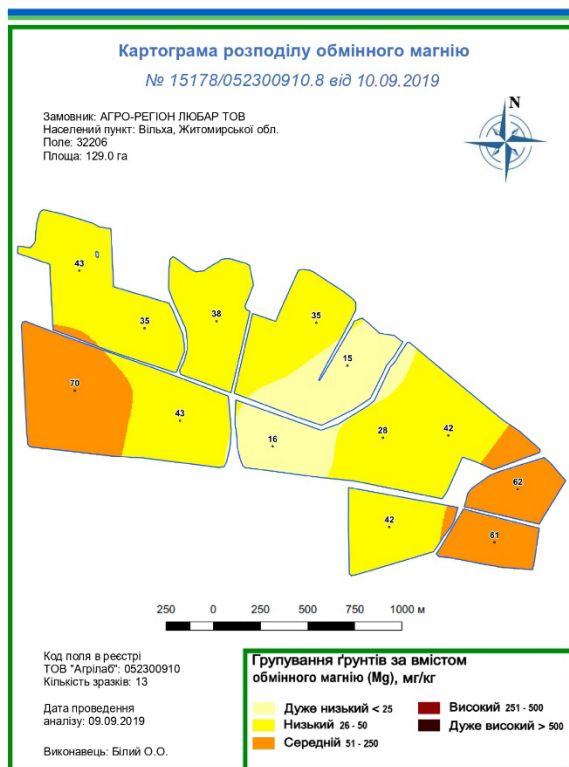
2024

Рис. 9. Динаміка просторового розподілу обмінного кальцію в розрізі років досліджень

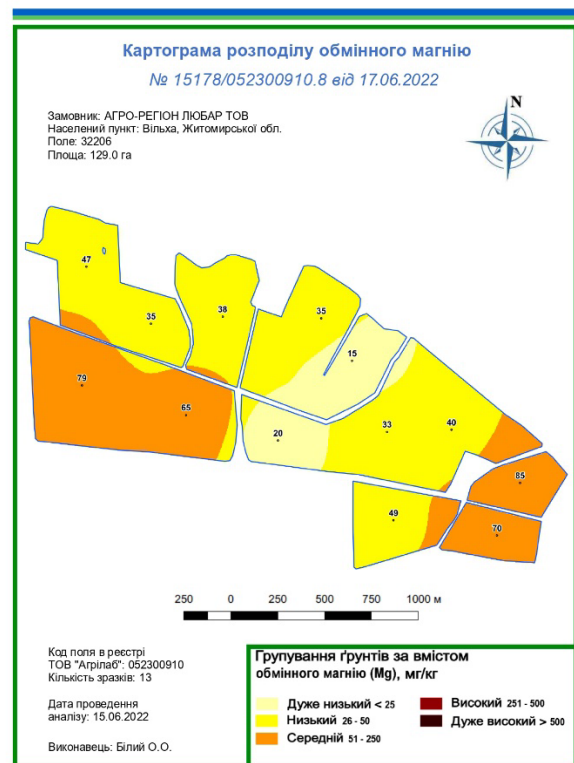
Кальцій та магній, з агрохімічного погляду, вважаються другорядними елементами живлення рослин порівняно з азотом, фосфором і калієм. Проте для ґрунту вони є першорядними елементами з огляду на їхній масовий вміст і біохімічну роль. Зокрема, кальцій є основним елементом родючості та агрономічних властивостей ґрунту завдяки високому вмісту обмінного Ca у складі ґрунтового вбирного комплексу.

Вважається, що чим вищий рівень кальцію в ґрунті, тим легше волога залишає ґрунт. Дволатентні катіони Ca^{2+} сприяють склеюванню елементарних ґрунтових частинок у грудочки, формуючи структурний стан ґрунту. Для більшості типів ґрунтів оптимальний середній відсоток

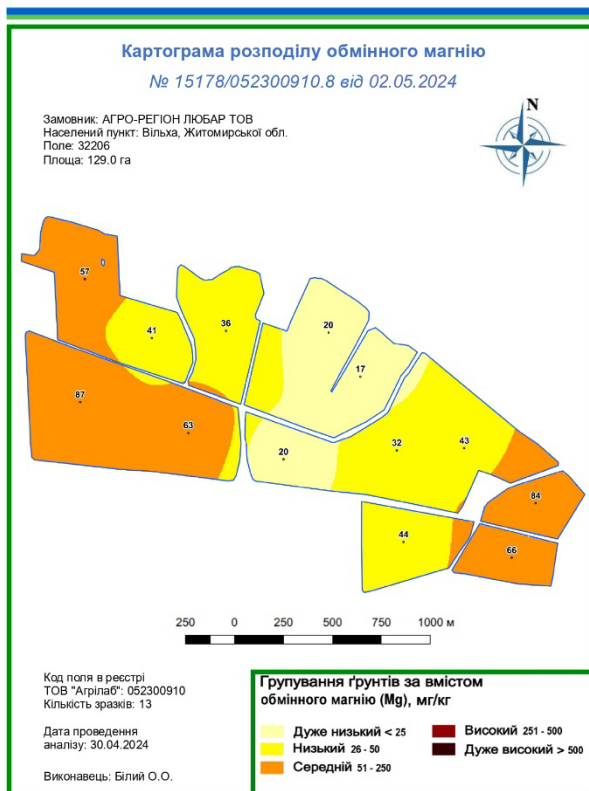
насиченості ґрунту кальцієм становить 65, магнієм – 15. При цьому важливо усунути не лише дефіцит цих елементів у ґрунтово-вбирному комплексі, а і їх надлишок.



2019



2022



2024

Рис. 10. Динаміка просторового розподілу обмінного магнію в розрізі років досліджень

У наших дослідях зміни забезпечення ґрунтових відмін обмінним кальцієм після внесення вапна добре корелювали з картографами диференційованого застосування вапнякових меліорантів. Іони магнію сильно гідратуються у ґрунтовому розчині, тому поглинаються ґрунтом слабо і, на відміну від калію, легко вимиваються атмосферними опадами.

Щодо динаміки змін кальцію, встановити закономірності між застосуванням вапна та змінами цього біогенного елемента в ґрунті досить складно. Проте можна відзначити, що на ділянках із початково низьким рівнем обмінного магнію після внесення вапна спостерігалася рівномірна градація ділянок із низьким та середнім вмістом цього елемента.

Висновки

Установлено, що дослідне поле складається із сірих опідзолених та сірих опідзолених оглеєних ґрунтів різного гранулометричного складу (піщаного, суглинкового, важкосуглинкового та піщано-важкосуглинкового) та чорноземно-лучних ґрунтів.

На початковому етапі спостережень просторовий розподіл рН характеризувався надзвичайно великою строкатістю: приблизно третина площі мала дуже кислі ґрунти з рН менше ніж 5,3, ще близько третини – кислі (рН 5,4–5,7) та слабкокислі (рН 5,8–6,2), а решта площі відповідала нейтральним показникам. Після диференційованого внесення вапна у зоні зі слабкокислими ґрунтами значно зросла частка нейтральних ґрунтів. На ділянках із дуже кислими та кислими ґрунтами площа дуже кислих ділянок різко скоротилася, і кислотність трансформувалася у межах кислих та слабо кислих ґрунтів. Зокрема, у точках із початковим найнижчим рН 4,6 після внесення вапна показник підвищився до 5,3. У 2024 році у просторовій структурі поля залишилися лише дві ділянки з рН 6,1, тоді як решта території відповідала нейтральним показникам (6,3–7,3).

Визначено також, що на початок досліджень понад дві третини площі поля мали середній вміст органічної речовини від 2,1 до 2,9 %, і лише третина ґрунтів характеризувалася низьким її вмістом – 1,3–2,0 %. Після внесення вапна в ґрунті активізувалися мікробіологічні процеси розкладання органічної речовини, а культури активніше засвоювали елементи живлення, що сприяло деякому зменшенню показників. У результаті зона низького вмісту органіки дещо розширилася, з'явилася одна точка зі вмістом 1,0 %. У 2024 році вміст органічної речовини залишався низьким майже на 85 % площі поля, і спостерігалися дві точки з дуже низьким вмістом – 0,9 та 1,0 %.

Використана література

1. Барвінський А. В. Зміна агрофізичних властивостей дерново-підзолистих ґрунтів під впливом застосування добрив та меліорантів. *Вісник аграрної науки*. 2003. № 9. С. 16–19.
2. Бойко П. І., Бородань В. О., Коваленко Н. П. Екологічно збалансовані сівозміни – основа біологічного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 2. С. 9–13.
3. Шувар І. А. Реалії та перспективи розвитку біологічного землеробства в західному регіоні України. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2007. Вип. 3, ч. 1. С. 60–66.
4. Веремеєнко С. І., Фурманець О. А. Оцінка гідротермічного режиму темно-сірих ґрунтів Західного Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2011. № 2. С. 41–48.
5. Глущенко М. К., Запасний В. С. Особливості меліорації кислих ґрунтів в залежності від обробітку ґрунту та способу внесення меліоранта. *Охорона родючості ґрунтів*. 2010. Вип. 6. С. 47–52.
6. Надточій П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф. В. Екологія ґрунту. Житомир : Рута, 2010. 473 с.
7. Кліщенко Г. Т., Кулик М. Ф., Косенко М. В., Лісовенко В. Т. Мінеральне живлення тварин. Київ, 2001. 576 с.
8. Мазур Г. А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів. Київ : Аграрна наука, 2008. 305 с.
9. Кислотність і вапнування ґрунтів Чернігівщини / за ред. А. І. Мельника. Чернігів : Чернігівський центр «Облдержродючість», 2011. 74 с.
10. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. С. М. Рижука, М. В. Лісового, Д. М. Бенцаровського. Київ, 2003. 64 с.
11. Методика комплексного радіаційного обстеження забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи територій (за винятком зони відчуження). Київ : Атіка-Н, 2007. 60 с.
12. Гоменюк В. О., Пасічник В. І., Мельничук М. Я. та ін. Методичні вказівки з хімічної меліорації кислих ґрунтів. Вінниця : Центр «Облдержродючість», 2007. 40 с.
13. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / за ред. М. В. Зубця. Київ : Урожай, 2004. 560 с.
14. Rizvi S. H., Gauquelin T., Gers C. et al. Calcium–magnesium liming of acidified forested catchments: Effects on humus morphology and functioning. *Applied Soil Ecology*. 2012. Vol. 62. P. 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.07.014>

References

1. Barvinskyi, A. V. (2003). Changes in agrophysical properties of sod-podzolic soils under the influence of fertilizers and ameliorants. *Bulletin of Agricultural Science*, 9, 16–19. [In Ukrainian]

2. Boiko, P. I., Borodan, V. O., & Kovalenko, N. P. (2005). Environmentally balanced crop rotations as the basis of organic farming. *Bulletin of Agricultural Science*, 2, 9–13. [In Ukrainian]
3. Shuvar, I. A. (2007). Realities and prospects for the development of organic farming in the western region of Ukraine. *Bulletin of the National University of Water Management and Environmental Engineering*, 3(1), 60–66. [In Ukrainian]
4. Veremeienko, S. I., & Furmanets, O. A. (2011). Assessment of the hydrothermal regime of dark gray soils of the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Kharkiv National Agrarian University*, 2, 41–48. [In Ukrainian]
5. Hlushchenko, M. K., & Zapasnyi, V. S. (2010). Features of reclamation of acidic soils depending on tillage and methods of ameliorant application. *Soil Fertility Protection*, 6, 47–52. [In Ukrainian]
6. Nadtochii, P. P., Myslyva, T. M., & Volvach, F. V. (2010). *Soil ecology*. Ruta. [In Ukrainian]
7. Klitsenko, H. T., Kulyk, M. F., Kosenko, M. V., & Lisovenko, V. T. (2001). *Mineral nutrition of animals*. Svit. [In Ukrainian]
8. Mazur, H. A. (2008). *Reproduction and regulation of fertility of light soils*. Agrarna Nauka. [In Ukrainian]
9. Melnyk, A. I. (Ed.). (2011). *Soil acidity and liming in the Chernihiv region*. Chernihiv Center “Oblderzhrodyuchist”. [In Ukrainian]
10. Ryzhuk, S. M., Lisovyi, M. V., & Bentsarovskiy, D. M. (Eds.). (2003). *Methodology of agrochemical certification of agricultural lands*. Kyiv. [In Ukrainian]
11. *Methodology of comprehensive radiation survey of territories contaminated as a result of the Chornobyl disaster (excluding the exclusion zone)*. (2007). Atika-N. [In Ukrainian]
12. Homeniuk, V. O., Pasichnyk, V. I., Melnychuk, M. Ya., Nahrebetskyi, M. I., Nahorny, M. S., & Melnyk, V. N. (2007). *Guidelines for chemical reclamation of acidic soils*. Center “Oblderzhrodiuchist”. [In Ukrainian]
13. Zubets, M. V. (Ed.). (2004). *Scientific foundations of agro-industrial production in the Polissia zone and the western region of Ukraine*. Urozhai. [In Ukrainian]
14. Rizvi, S. H., Gauquelin, T., Gers, C., Guérol, F., Pagnout, C., & Baldy, V. (2012). Calcium–magnesium liming of acidified forested catchments: Effects on humus morphology and functioning. *Applied Soil Ecology*, 62, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.07.014>

UDC 633.15:631.55: 631.82

Boiko, Ya. I. (2025). Influence of Differential Liming on the Fertility of Sod Podzolic Soil. *Advanced Agritechnologies*, 13(2). <https://doi.org/10.47414/na.13.2.2025.347729> [In Ukrainian]

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, e-mail: iaroslavboik@gmail.com

Purpose. To identify the effects of differential liming on fertility indicators of sod-podzolic soil in the Polissia region of Ukraine. **Methods.** The study was carried out on a 133-ha field in Zhytomyr Polissia in 2017–2025. Field methods with elements of precision farming were applied, including automated soil sampling using an adaptive grid, and laboratory agrochemical and physico-chemical analyses of soil. Spatial interpretation of indicators was performed using GIS technologies and kriging interpolation. **Results.** The initial agrochemical state of the soil was characterised by spatial heterogeneity of acidity: pH(1:1) values ranged from 4.6 to 7.0, with strongly acidic and acidic areas accounting for more than 35% of the total field area. Organic matter content varied between 1.3 and 2.9%, available phosphorus between 17 and 119 mg/kg, potassium between 32 and 92 mg/kg, and exchangeable calcium between 61 and 1201 mg/kg. Application of differential liming based on spatial acidity maps led to significant improvement in agrochemical indicators. In the residual effect of liming, soil reaction stabilised at pH 6.3–7.3 across more than 70% of the field, indicating effective neutralisation of excessive acidity. Availability of mobile phosphorus after liming generally corresponded to high and very high levels, while potassium showed a more balanced spatial distribution with concentrations up to 117 mg/kg. Exchangeable calcium increased on average by 18–35% depending on the liming zone, and exchangeable magnesium by 3–12 mg/kg. At the same time, average organic matter content decreased by 0.3–0.4% due to intensified microbiological mineralisation under optimised acidity conditions. Despite the rise in pH, the concentration of mobile zinc did not decline but instead increased by 0.05–0.10 mg/kg, maintaining overall spatial uniformity. **Conclusions.** The results indicate that differential liming ensures not only neutralisation of acidity but also substantial equalisation of agrochemical soil indicators, ensuring favourable conditions for improved fertilisation efficiency and the implementation of precision farming technologies.

Keywords: differential liming; soil acidity; pH; agrochemical indicators; available phosphorus; available potassium; exchangeable calcium; magnesium; zinc; spatial heterogeneity; precision farming; Polissia of Ukraine.

Надійшла / Received 06.06.2025
Погоджено до друку / Accepted 12.08.2025