

## ВІДБІР ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ І ПІДГОТОВКА ЇХ ДО АНАЛІЗУ

Методика відбору зразків ґрунту залежить від мети проведення агрохімічних досліджень. Зразок ґрунту повинен відображати середній стан об'єкта, який вивчається.

Точність агрохімічного обстеження сільськогосподарських земель значною мірою залежить від площі елементарної ділянки та кількості відібраних з неї точених (індивідуальних) проб, з яких складається репрезентативний змішаний (об'єднаний) зразок ґрунту для агрохімічного аналізу.

Елементарна ділянка – це найменша площа, яку можна охарактеризувати однією об'єднаною пробою ґрунту. На розмір елементарної ділянки окрім строкатості ґрунтового покриву, рельєфу території, ступеня еродованості ґрунтів, видів культури тощо, впливає також рівень застосування мінеральних добрив, особливо фосфорних.

Згідно державного стандарту України для здійснення суцільного агрохімічного обстеження орних земель рекомендовані наступні площі елементарних ділянок (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Максимально допустимі площі елементарних ділянок залежно від зони, ґрунту і норми щорічного внесення фосфорних добрив

№	Зона, основні типи ґрунтів	Максимально допустимі площі елементарних ділянок, га		
		Норма щорічного внесення фосфорних добрив (кг.д.р. на 1 га)		
		< 60	60 – 90	> 90
1	Полісся. Дерново-підзолисті ґрунти	8	5	3
2	Лісостеп. Темно-сірі лісові ґрунти, чорноземи типові, вилуговані, опідзолені	25	15	10
3	Ступ. Чорноземи звичайні, південні та каштанові ґрунти	40	25	10

В овочевих сівозмінах з площею полів до 10 га розмір елементарної ділянки має бути 1 га, а при більших розмірах полів – 5 га. На виноградниках площа елементарної ділянки складає 4, а на рекультивованих землях – 1 га.

При розбивці полів на елементарні ділянки їх форма повинна наближатись до прямокутника з співвідношенням сторін не більше 1:2, однак часто допускається квадратна і ромбічна форми.

Картографічною основою для відбору проб є план землекористування господарств з нанесеними на них елементами внутрішньогосподарського землевпорядкування. Сітку елементарних ділянок встановленого розміру наносять на план картографічної основи після рекогносцировочного огляду полів.

В межах кожної елементарної ділянки прокладають маршрутний хід (рис. 3.1), по якому відбирають елементарну пробу. На не еродованих ґрунтах маршрутний хід прокладають посередині елементарної ділянки вздовж її довгої сторони. На еродованих ґрунтових відмінах, що розташовані на схилах довжиною більше 200 м, маршрутні ходи прокладають вздовж схилу, а на більш коротких – впоперек схилу.

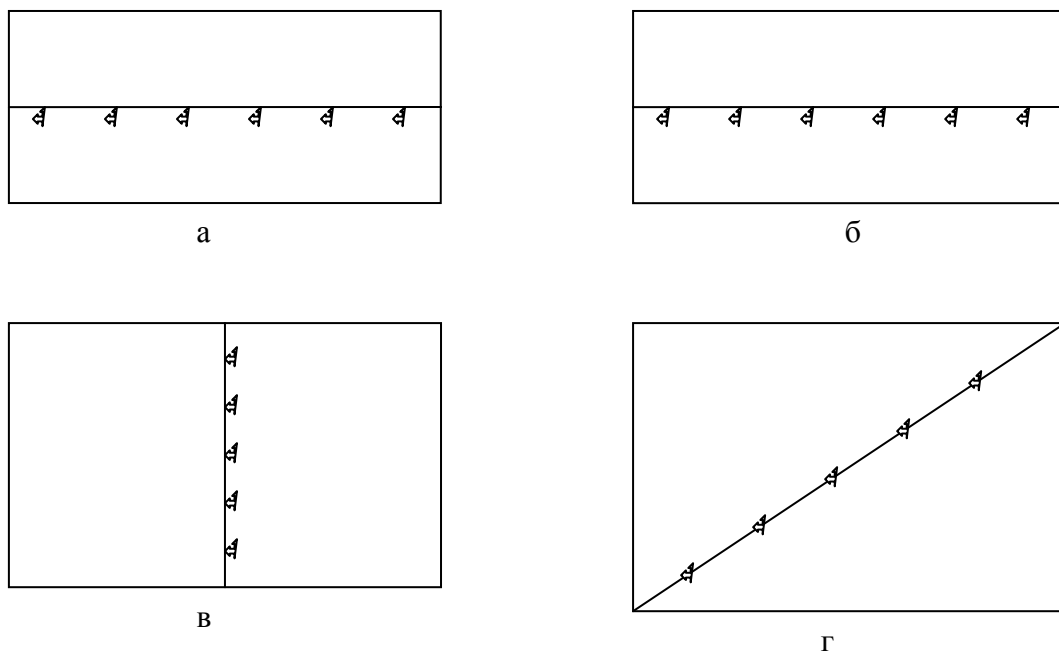


Рис. 3.1. Схеми прокладення маршрутних ходів:

- а) не еродовані ґрунти; б) еродовані ґрунти, довжина схилу 200 м; в) еродовані ґрунти, довжина схилу менше 200 м; г) лісові і плодові розсадники

Після розбивки території на елементарні ділянки приступають до відбору ґрунтових проб. Відбір ґрунтових зразків дозволяється проводити упродовж всього вегетаційного періоду. Однак на полях, де норма внесення кожного виду мінеральних добрив перевищувала 90 кг/га діючої речовини, проби ґрунту можна відбирати не раніше ніж через 2 місяці після внесення добрив.

В межах кожної елементарної ділянки індивідуальні проби відбирають в точках, розташованих на маршрутній лінії через рівні інтервали. При цьому не допускається відбір зразків ґрунту поблизу доріг, куп і складів добрив і меліорантів, із дна розвальних борозен, на ділянках, що різко відрізняються за станом рослин.

Глибина відбору точених проб на орних землях визначається потужністю орного шару та глибиною розповсюдження кореневої системи (в більшості випадків вона складає для зернових культур 0-25 см, для просапних – 0-30 см).

Об'єднана проба ґрунту складається з 20-30 точечних проб, відібраних з елементарної ділянки. Її маса повинна бути в межах 300-400 г.

Змішаний зразок (об'єднану пробу) разом з етикеткою переносять в торбинку чи коробочку і направляють на аналіз в лабораторію.

Етикетка повинна бути чіткою і сухою. На етикетці вказують: назву господарства, район, область, тип ґрунту, номер і площу поля, попередник, культуру, що планують вирощувати, запланований врожай, дату відбору зразка, глибину відбору зразка і прізвище виконавця.

На загальну кількість відібраних зразків складають супровідну відомість за нижче наведеною формою, яка прикладається до проб ґрунту, які відправляють на аналіз.

<b>Супровідна відомість відбору ґрунтових проб</b>			
Ґрунтові проби в кількості _____ штук, відібрані _____ (назва господарства)			
в період з _____ по _____ р. відповідальним працівником _____ (ПІБ)			
Дата відправлення проб на аналіз _____ р.			
№ п/п	Номер торбинки, поля	Попередник	Планова культура
Підпис виконавця _____.			

Для відбору зразків ґрунту використовують бури різної конструкції (рис. 3.2).

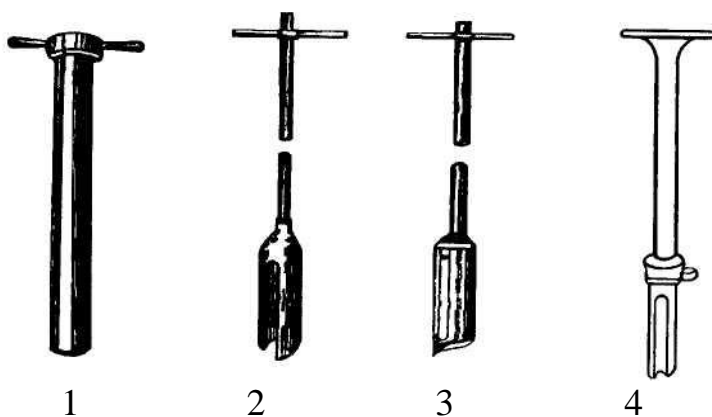


Рис. 3.2. Бури для відбору проб ґрунту  
1. Качинського; 2. Ізмаїльського; 3 – Некрасова, 4 – БН25-15

В агрохімічному аналізі розрізняють три види проб: *попередню*, *середню* (лабораторну) та *аналітичну*.

**Попередню пробу** відбирають безпосередньо в полі.

Відбирання зразків проводять при хорошій погоді вранці, до настання спеки, або в кінці дня (завжди в один час). Умови відбирання зразків повинні бути однаковими в усіх варіантах.

Кожен зразок зберігається в коробці або мішечку, які повинні мати чітко заповнену етикетку.

**Середню пробу** готують з попереднього зразка. Для цього пробу добре змішують і відбирають квадратуванням або в окремих місцях середню пробу. Краще це робити, розстеливши ґрунт тонким шаром на склі або фанері.

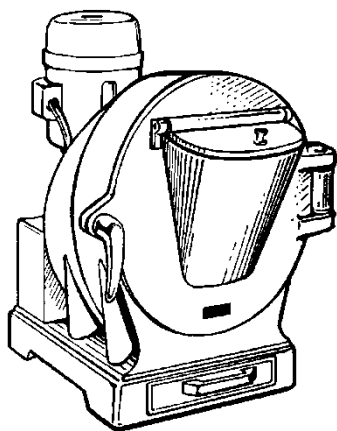


Рис. 3.3. Подрібнювач ґрунтових проб ПГП

Для підготовки до хімічного аналізу зразки середньої проби ґрунту розкладають на чистій підкладці тонким шаром і висушують при кімнатній температурі або при нагріванні до 50–60 °С до крихкого стану.

Великі грудки ґрунту спочатку розбивають молотком, попередньо загорнувши їх у цупкий папір або тканину. Потім розтирають зразки ґрунту на дрібний порошок у металічних, фарфорових або агатових ступках товчачиком або за допомогою спеціальних лабораторних млинок (рис. 3.3).

Для спеціальних аналізів (наприклад, гумусу у ґрунті) зразки розтирають в агатових ступках.

Ступінь подрібнення повітряно-сухого матеріалу має бути таким, щоб

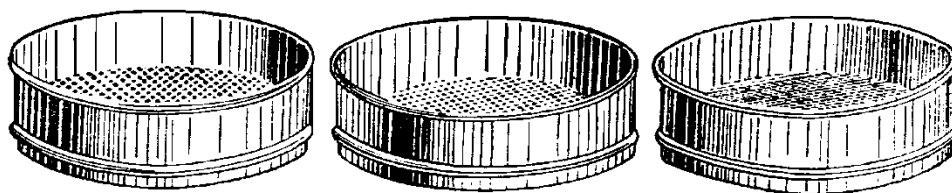


Рис. 3.4. Сита для просіювання ґрунту

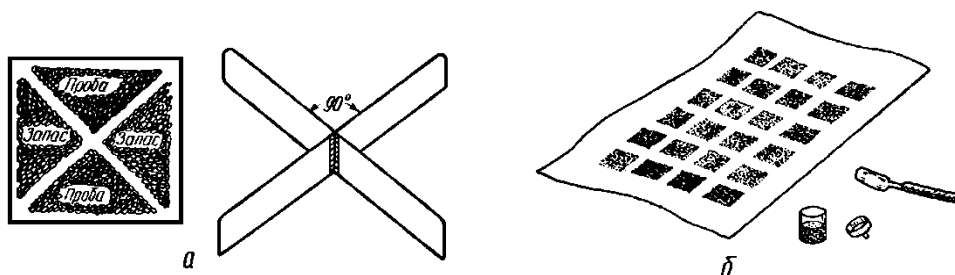


Рис. 3.5. Відбирання лабораторної та аналітичної проб ґрунтового матеріалу квадратуванням (а) та діленням на квадрати (б)

ґрунт проходив крізь сито з отворами діаметром 1 мм (рис. 3.4). Маса середньої проби ґрунту становить від 200 г до 1 кг.

Зберігають зразки протягом 10 місяців у провітрюваному приміщенні в закритих картонних, полімерних чи бляшаних коробках.

При відбиранні наважок пробу ще раз ретельно перемішують, щоб виключити можливість розшарування часточок за розмірами та масою.

**Аналітичну пробу** відбирають із повітряно-сухої середньої проби.

Роблять це так: подрібнений ґрунт розподіляють тонким рівномірним шаром па пергаментному папері у вигляді квадрата, який діагоналями поділяють на 4 трикутники (рис. 3.5), з двох протилежних трикутників ґрунт відкидають. Залишок старанно перемішують і знову рівномірно розподіляють на папері; операцію повторюють доти, поки на пергаментному папері залишиться стільки ґрунту, скільки потрібно для аналітичної проби.

Оскільки правильне відбирання зразків має дуже велике значення для одержання об'єктивних даних хімічного аналізу, наводимо кілька прикладів складання проб з різних досліджуваних об'єктів.

### **Відбір зразків ґрунту з розрізу (на прикладі дерново-підзолистого ґрунту).**

На передній стінці розрізу за допомогою мірної стрічки розділяють профіль на генетичні горизонти. В польовому щоденнику або журналі позначають їхні індекси (HE, E, I, P) і глибину залягання. Потім зачищають стінку (згори вниз) і широким ножем позначають місця, де відбиратимуть зразки.

Зразки, відбирають знизу вгору, починаючи з нижнього горизонту і закінчуючи верхнім (орним шаром). Зразки виймають у вигляді монолітів з середини генетичного горизонту завдовжки 10, завширшки 8–10 і завтовшки 6–8 см. В орному шарі беруть два зразки – з глибини 0–10 і 10–20 см, а в підорному – один (з його середини).

В ілювіальному (I) горизонті залежно від його величини беруть два або три зразки: в нижній, середній і верхній частинах. Кожний зразок вміщують у пронумерований мішечок, куди кладуть етикетку, на якій записують адресу, назву поля чи досліду, номер розрізу, горизонт, глибину відбирання зразка, дату і прізвище виконавця.

У лабораторії ґрунт реєструють, подрібнюють, висушують до повітряно-сухого стану. Повторність аналізів дворазова, що дає можливість визначити точність виконаних аналізів.

### **ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ**

Вологістю ґрунту називають кількість води, яка міститься в ґрунтовому зразку і видаляється внаслідок висушування його до сталої маси при температурі 100–105 °С. Виділяють такі форми вологи: хімічно зв'язану (не видаляється при 105 °С), пароподібну, зв'язану (сорбовану поверхнею часточок ґрунту), вільну (несорбовану вологу, яка заповнює ґрунтові пори і здатна переміщуватися в них). Найбільше значення в житті рослин і ґрунту має зв'язана і вільна волога.

Вміст води в ґрунті – важливий фактор його родючості, який значною мірою визначає ефективність добрив, різних агротехнічних заходів, рівень розвитку біологічних процесів, ріст і розвиток рослин.

Вологість ґрунту визначають при вивченні водних властивостей і водного його режиму. При вивченні водних властивостей ґрунту визначають повну вологоємність (ПВ), капілярну вологоємність (КВ), найменшу

вологоємкість (НВ), вологість в'янення (ВВ), максимальну гігроскопічність ґрунту (МГ).

При вивченні водного режиму ґрунту його вологість визначають у динаміці, що дає змогу скласти водний баланс за певний проміжок часу. Вологість ґрунту визначають у різні фази росту і розвитку культур, а на зрошуваних землях і під час поливів. Вологість ґрунту необхідно знати при визначенні запасу вологи в ґрунті і її доступності для рослин (запас продуктивної вологи). Визначення вологи в ґрунті необхідне також для перерахунку результатів аналізів на суху масу ґрунту.

Для визначення вологості ґрунту використовують різні методи: термогравіметричний – пов'язаний з відбиранням зразків ґрунту, і стаціонарні, які дають можливість робити висновок про вологість ґрунту за показами датчиків приладів. За допомогою датчиків приладів, які знаходяться в ґрунті, вимірюють електро- і теплопровідність, поглинання радіоактивних випромінювань тощо. Для переведення показів приладу в одиниці вологості прилад попередньо калібрують, тобто знімають його покази при різній вологості досліджуваного ґрунту, і будують криву залежності.

Найбільш поширений термогравіметричний метод для визначення вологості ґрунту, яку виражають в абсолютних і відносних одиницях. Абсолютні одиниці показують вміст вологи в процентах від маси ґрунту, в процентах від об'єму ґрунту або запас вологи в міліметрах чи метрах кубічних. У відносних одиницях вологість виражають, якщо вона дорівнює вологості відповідно до тієї або іншої форми вологоємкості, наприклад в процентах від повної вологоємкості.

В агрохімічних дослідженнях у ґрунті визначають загальну, або польову, вологість і гігроскопічну вологу (сорбовану ґрунтом), яка міститься в зразках ґрунту, доведеного до повітряно-сухого стану.

### **Визначення польової вологості ґрунту.**

При визначенні вмісту вологи в ґрунті з метою встановлення рівня вологозабезпеченості культурних рослин зразки ґрунту відбирають до глибини проникнення коренів. Для переважної більшості культурних рослин в умовах лісостепової і степової зон достатньою глибиною є 200 см. В умовах підзолистих ґрунтів, де корені рослин проникають на меншу глибину, визначення вологості можна проводити на глибину до 100 см. Вологість ґрунту визначають у кожному десятисантиметровому шарі, тому і зразки ґрунту відбирають через кожні 10 см до встановленої глибини.

Якщо потрібна лише загальна оцінка еколого-гідрологічних умов розвитку рослин, визначення вологості можна обмежити найбільш біологічно активною і корененасиченою товщею ґрунту (до 25–50 см).

У ґрунтах з явно вираженою диференціацією зразки беруть з генетичних горизонтів. Для визначення польової вологості зразки відбирають у шарах ґрунту до 50 см в 3–5-кратній повторності, в більш глибоких – 2–3-кратній.

*Суть методу* полягає у визначенні вмісту води у відібраних у полі зразках ґрунту після висушування їх у сушильній шафі або термостаті при 100–105 °С до сталої маси.

*Обладнання.* Бур, алюмінієві бюкси, сушильна шафа або термостат.

*Хід аналізу.* 10–30 г ґрунту з відібраних у полі за допомогою бура зразків вміщують у попередньо зважені і пронумеровані алюмінієві бюкси, які відразу закривають кришками, щоб запобігти втратам води. У лабораторії бюкси з ґрунтом зважують. При використанні бюксів масою 4–14 г похибка зважування не повинна перевищувати 0,01 г; якщо маса бюксів 21–35 г, похибка зважування допускається до 0,1 г. Після зважування бюкси відкривають і вміщують у сушильну шафу для висушування при 100–105 °С. Тривалість висушування залежить від вологості зразків і завантаження сушильної шафи. При середній вологості ґрунту і неповному завантаженні сушильної шафи висушування триває 6–8 год.

Після висушування бюкси з ґрунтом закривають кришками, охолоджують в ексикаторі 20–30 хв. і зважують. Потім бюкси відкривають і знову ставлять у шафу на 1,5–2 год. для контрольного висушування. Висушування і зважування проводять доти, поки різниця між двома останніми зважуваннями не перевищуватиме 0,5 мг (до сталої маси). Результати аналізу записують у таблицю.

Вологість ґрунту обчислюють за формулою

$$W = \frac{a \cdot 100}{m},$$

де  $a$  – кількість води в масі ґрунту, взятого для аналізу, г;  $m$  – наважка сухого ґрунту, г; 100 – для перерахунку в проценти.

Якщо необхідно порівняти за вологістю ґрунти з різною щільністю, то вміст води виражають у процентах до об'єму ґрунту.

Вміст води ( $W_v$ ), у процентах до об'єму ґрунту, обчислюють за формулою

$$W_v = W \cdot d,$$

де  $W$  – вологість ґрунту, в процентах до сухої маси;  $d$  – об'ємна маса ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

**Приклад.**  $W = 25\%$  ;  $d = 1,2$  г/см<sup>3</sup>;  $W_v = 25 \cdot 1,2 = 30\%$ .

### **Визначення гігроскопічної води ґрунту.**

Гігроскопічну вологу визначають для того, щоб перерахувати результати аналізу ґрунту на масу сухого ґрунту.

*Суть методу.* Вміст води визначають у повітряно-сухому ґрунті після висушування його в сушильній шафі при 100–105 °С до сталої маси.

*Обладнання.* Алюмінієві або скляні бюкси, сушильна шафа.

*Хід аналізу.* ґрунт, подрібнений і просіяний крізь сито з отворами 1 мм, розсипають тонким шаром на скло або плівку, розподіляють на квадрати і з кожного відбирають невелику кількість ґрунту в попередньо зважений і пронумерований бюкс. Для суглинкових ґрунтів аналітична проба становить 5–10 г, для супіщаних і піщаних – 10–15 г. Бюкс закривають кришкою і

зважують; потім відкривають і вміщують у сушильну шафу на 3 год. для висушування при 100–105 °С. Після охолодження і зважування ґрунт знову ставлять у сушильну шафу на 1–2 год., висушують його до сталої маси. Результат аналізу записують у таблицю (форму запису див. вище).

Вміст гігроскопічної вологи ( $W_r$ ), в процентах до сухої маси ґрунту, визначають за формулою для визначення польової вологості ґрунту.

Для обчислення сухої маси ґрунту знаходять перевідний коефіцієнт ( $K$ ) повітряно-сухої маси ґрунту в суху за формулою

$$K = \frac{100}{100 + W_r},$$

де  $W_r$  – гігроскопічна волога, в процентах до сухої маси ґрунту. Тоді маса сухого ґрунту дорівнює  $m_c$ , помноженому на масу повітряно-сухого ґрунту.

### Визначення запасу вологи в ґрунті

Запас вологи в ґрунті – це абсолютна кількість вологи, яка міститься в певному шарі ґрунту, виражена в тоннах на гектар ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) або в міліметрах водяного шару.

Загальний запас води в певному шарі ґрунту визначають за даними польової вологості (в процентах до сухої маси) і маси сухого ґрунту цього шару на 1 га. Процентний вміст вологи чисельно дорівнює кількості води ( $W$ ) в 100 т ґрунту. У масі всього сухого ґрунту досліджуваного шару ( $P$ ) запас води ( $B$ ) становить, т/га:

$$B = \frac{WP}{100}$$

Якщо масу сухого ґрунту подати через її об'єм і об'ємну масу, то запас води ( $B$ ) становитиме, т/га ( $\text{м}^3/\text{га}$ ),

$$B = \frac{WVd}{100}$$

де  $W$  – вологість ґрунту, в процентах на суху масу;  $V$  – об'єм ґрунту,  $\text{г}/\text{см}^3$ ;  $d$  – об'ємна маса ґрунту,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Об'єм ґрунту з 1 га певного шару дорівнюватиме площі, помноженій на глибину ( $V = 10\,000 \cdot h_m$ ). Підставивши цей вираз у формулу (2), матимемо:

$$B = W \cdot 10\,000 \cdot hd / 100 = Whd \cdot 100,$$

де  $h$  – глибина досліджуваного шару ґрунту, м.

Якщо глибину шару ґрунту подати в сантиметрах, то з формули (3) випаде множник 100. Загальний запас води в ґрунті ( $B$ ), в тоннах на гектар ( $\text{м}^3/\text{га}$ ), для певного шару обчислюють за формулою

$$B = Wdh$$

**Приклад 1.** Запас вологи в шарі ґрунту 0–20 см з об'ємною масою 1,15  $\text{г}/\text{см}^3$  і вологістю 18,5 % становить:

$$B = 18,5 \cdot 1,15 \cdot 20 = 425,5 \text{ т/га } (\text{м}^3/\text{га}) \text{ або } 42,5 \text{ мм водяного шару.}$$

При визначенні запасу вологи в ґрунті ( $B$ ), в міліметрах водяного шару, виходять з того, що 1 мм водяного шару відповідає 10  $\text{м}^3$  води на 1 га. Розрахунки виконують за формулою



$$B = \frac{Whd}{10}$$

тобто запас води, в тоннах на гектар, ділять на 10.

Запас води, в міліметрах водяного шару, в шарі ґрунту 10 см завтовшки чисельно дорівнює вологості ґрунту в процентах до об'ємної маси в цьому ж шарі. Запас води в певній товщі ґрунту, наприклад 0–50 см, становить суму кількості води в різних шарах профілю ґрунту (0–10, 10–20, 20–30, 30–40 см і т. д.).

**Приклад 2.** У шарі 0–10 см запас води становить 17 мм, 10–20 — 19, 20–30 — 20, 30–40 — 22, 40–50 см — 26 мм. Тоді запас води в шарі ґрунту 0–50 см становить:  $17 + 19 + 20 + 22 + 26 = 104$  мм. За даними вологості ґрунту, вологості в'янення, найменшої вологоємності ґрунту, використовуючи формулу (4), можна обчислити запас води, що відповідає вологості в'янення і найменшій вологоємності.

**Приклад 3.** Запас недоступної води ( $B_n$ ) в шарі ґрунту 0–20 см з об'ємною масою  $1,15 \text{ г/см}^3$  і вологості в'янення 4,5 % становить:

$$B_n = 4,5 \cdot 1,15 \cdot 20 = 103,5 \text{ т/га або } 10,3 \text{ мм.}$$

Наведені показники використовують для визначення запасу продуктивної (доступної) води і дефіциту ґрунтової води.

### Визначення запасу продуктивної води

Продуктивною, або доступною, водою називають кількість води, яка знаходиться в ґрунті додатково до води в'янення. Рослини можуть нормально рости при вологості вищій, ніж вологість в'янення

Запас продуктивної, або доступної, води ( $B_p$ ), в мм, обчислюють за формулою

$$B_p = B - B_n,$$

де  $B$  – загальний запас води, мм;  $B_n$  – запас недоступної води, мм.

Приклад. Загальний запас води 42 мм. Запас недоступної води 10 мм. Тоді запас продуктивної води становить 32 мм.

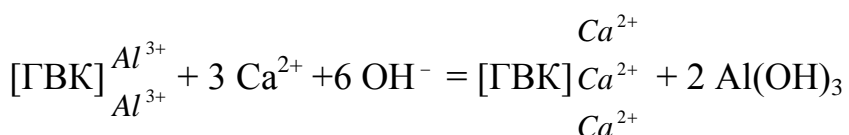
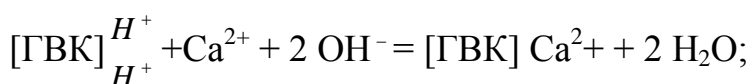
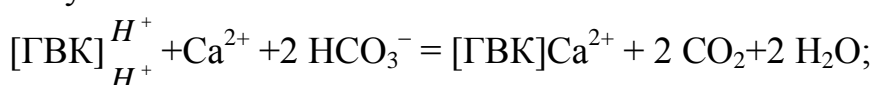
Оцінку запасів продуктивної води проводять за шкалою:

Оцінка запасів продуктивної води	Запаси продуктивної води, мм
	У шарі 0–20 см
Добрі	40
Задовільні	20–40
Незадовільні	20
	У шарі 0–100 см
Дуже добрі	160
Добрі	160–130
Задовільні	130–90
Погані	90–60
Дуже погані	60

### Визначення потреби у вапнуванні кислих ґрунтів.

Вапнування – це засіб хімічної меліорації кислих ґрунтів, який здійснюють для підвищення їхньої родючості. Зниження шкідливої дії підвищеної кислотності на фізичні властивості, мікробіологічні процеси, гумусоутворення і на поживний режим ґрунту, біохімічні процеси в рослинах, на формування врожаю та його якість досягається внесенням у ґрунт вапна. При внесенні в ґрунт вапна карбонат кальцію (або магнію) під впливом  $\text{CO}_2$  ґрунтового розчину перетворюється поступово в гідрокарбонат кальцію (або магнію), який дисоціює на іони  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{HCO}_3^-$ . Частково гідрокарбонат кальцію гідролізує з утворенням  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , який дисоціює на іони  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{OH}^-$ .

Катіони кальцію витісняють з ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) іони водню й алюмінію, які переходять у ґрунтовий розчин і нейтралізуються:



При цьому нейтралізуються також органічні і мінеральні кислоти ґрунтового розчину. Вільні іони тривалентного заліза й алюмінію, які при гідролізі в ґрунті можуть вивільнити іони водню, при вапнуванні утворюють гідроксиди.

При внесенні повної норми вапна нейтралізується актуальна й обмінна кислотності, знижується гідролітична кислотність, підвищується вміст кальцію в ґрунтовому розчині і ступінь насичення ґрунту основами. Ефективність вапнування залежить від того, чи правильно визначено потребу в ньому і норму внесення вапна. Недостатнє або надмірне вапнування призводить до зменшення врожаю сільськогосподарських культур. При визначенні потреби у вапнуванні кислих ґрунтів враховують відношення культур до кислотності ґрунту, рН сольової витяжки, ступінь насичення основами, гранулометричний склад ґрунту.

В умовах інтенсивного землеробства при визначенні потреби у вапнуванні ґрунту слід враховувати також рівень хімізації господарства. Збільшення кількості внесення мінеральних добрив посилює вимивання кальцію з орного шару ґрунту і підвищує його кислотність. На Україні в районах Центрального Полісся на неудобрених ґрунтах з орного та підорного шарів вимивається 140–150 кг/га  $\text{CaCO}_3$ , при внесенні 5,5–6 ц/га мінеральних добрив – 200–210 кг/га, при внесенні 11–12 ц/га – 300–310 кг/га. Для нейтралізації підкислюючої дії 100 кг азотних добрив додатково вносять 80–100 кг  $\text{CaCO}_3$  або на 1 кг азоту 2,5–3,5 кг вапна. Негативна дія азотних добрив підвищується при внесенні їх разом з калійними добривами. Внесення вапна

в ґрунт не тільки знижує кислотність ґрунту, а й збагачує його кальцієм. Кальцій як іон-коагулятор позитивно впливає на стан ґрунтових колоїдів, поліпшуючи фізико-хімічні властивості ґрунту.

Для зниження кислотності ґрунту і зменшення площ кислих ґрунтів при вапнуванні треба вносити кальцію більше, ніж виноситься його з ґрунту. Потребу у вапнуванні ґрунтів залежно від величини рН сольової витяжки і ступеня насичення основами показано в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Потреба у вапнуванні ґрунтів залежно від рН і ступеня насичення їх основами

ґрунти					
мінеральні			торф'яні		
рН (КС1)	V, %	потреба у вапнуванні	рН (КС1)	V, %	потреба у вапнуванні
<4,5	<50	Сильна	<3,5	<35	Сильна
4,6–5,0	50–70	Середня	3,6–4,2	35–55	Середня
5,1–5,5	70–80	Слабка	4,3–4,8	55–65	Слабка
>5,5	>80–90	Відсутня для більшості культур	>4,8	>65	Відсутня

При вапнуванні ґрунту в сівозміні враховують те, як реагують на вапнування культури сівозміни, а також гранулометричний склад ґрунту. Одні культури (люцерна, конюшина, цукрові буряки, озима пшениця, ячмінь, кукурудза, горох, капуста, цибуля) для нормального росту і розвитку потребують близької до нейтральної і навіть слабколужної реакції ґрунтового розчину, інші (люпин, картопля, льон, чайний кущ, помідори) добре ростуть на слабо- і середньокислих ґрунтах.

Потребу у вапнуванні ґрунту визначають також за оптимальними значеннями рН і ступеня насичення основами для сівозміни залежно від культур (табл. 3.3); при досягненні певних значень рН і ступеня насичення основами потреба у вапнуванні відпадає.

Таблиця 3.3. Оптимальні значення рН (КС1) і ступеня насичення основами (V)

Гранулометричний склад ґрунтів	Сівозміни									
	польові						кормові і прифермерські		овочево-кормові	
	з льоном		з травами, льоном, картоплею		з цукровими буряками і люцерною					
	рН	V, %	рН	V, %	рН	V, %	рН	V, %	рН	V, %
Піщані і супіщані	–	70	5,4	80	6,0	90	5,8	85	6,0	90
Суглинкові і легкосуглинкові	5,4	75	5,6	85	6,5	95	6,0	90	6,4	95
Глинисті й важкосуглинкові	5,6	80	5,8	90	6,7	98	6,2	95	6,6	98

Норми вапна визначають за величиною гідролітичної кислотності, оскільки вона найбільш повно характеризує кислотність ґрунту.

### **Визначення кислотності ґрунту**

На ріст і розвиток рослин, мікробіологічні, хімічні й біохімічні процеси ґрунту великий вплив має реакція ґрунту. Від реакції ґрунту значною мірою залежить засвоєння рослинами поживних речовин ґрунту і добрив, мінералізація органічної речовини, ефективність внесених добрив, урожайність сільськогосподарських культур та його якість.

Хоч кислотні властивості водних розчинів визначає іон гідроксонію  $\text{H}_3\text{O}^+$ , прийнято вживати символ  $\text{H}^+$  замість  $\text{H}_3\text{O}^+$  і говорити про іон водню, а не про іон гідроксонію.

Кислотність ґрунту зумовлюється іонами водню й алюмінію. При високій кислотності пригнічується ріст і розвиток конюшини, конопель, буряків, пшениці, люцерни, ячменю, капусти. Пригнічується також життєдіяльність нітрифікаторів і амоніфікаторів та інших корисних мікроорганізмів.

Слабокислу реакцію мають чорноземи вилуговані, чорноземи опідзолені та сірі лісові ґрунти, кислу чи сильнокислу – дерново-підзолисті ґрунти.

Розрізняють такі види кислотності: актуальну (або активну) і потенціальну. Актуальна кислотність – це кислотність ґрунтового розчину, зумовлена підвищеною концентрацією в ньому іонів водню порівняно з іонами гідроксилу. Ця кислотність створюється вугільною кислотою ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), водорозчинними органічними кислотами, які виділяються при розкладанні органічної речовини, і гідролітично кислими солями. Актуальна кислотність виражається величиною рН (від'ємний логарифм концентрації іонів водню в розчині). Реакцію ґрунтового розчину характеризують величиною рН водної витяжки.

Потенціальна кислотність зумовлена наявністю іонів водню та алюмінію в твердій фазі ґрунту в поглинутому стані. Вона поділяється на обмінну і гідролітичну кислотність.

Обмінна кислотність ґрунту зумовлена обмінно-поглинутими іонами водню й алюмінію, які можуть бути витіснені з ГВК катіонами нейтральних солей. Ґрунти, які мають високу обмінну кислотність, характеризуються особливо несприятливими властивостями. Крім того, обмінна кислотність свідчить про значне збіднення ґрунту обмінними основами, заміщеними відповідно іонами водню та алюмінію. При внесенні на таких ґрунтах калійних добрив внаслідок поглинання іонів калію і витіснення іонів водню та алюмінію із вбирного комплексу може значно підвищитись кислотність ґрунту, що негативно впливає на формування врожаю.

Особливо шкідливою є обмінна кислотність, зумовлена обмінним алюмінієм, що токсичний для більшості культур. Найменш стійкі проти алюмінію рослини, в яких він надходить до точок росту. При надлишку алюмінію затримується розвиток кореневої системи, де в основному

накопичується алюміній, знижується кількість корневих волосків, скорочується активна поверхня коренів, погіршується надходження поживних речовин у рослини. Надлишок алюмінію в рослинах порушує також обмін речовин, знижує продуктивність і якість урожаю.

Обмінна кислотність виражається в міліграм-еквівалентах на 100 г ґрунту і величиною рН сольової витяжки. За показниками рН сольової витяжки визначають ступінь кислотності ґрунту.

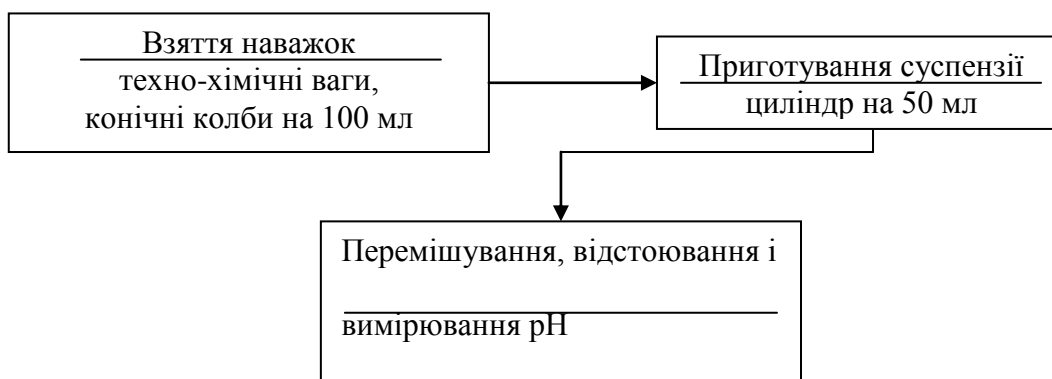
Гідролітична кислотність зумовлена менш рухливими іонами водню, які важче заміщуються катіонами ґрунтового розчину, ніж ті, що характеризують обмінну кислотність. Гідролітична кислотність виявляється при взаємодії ґрунту з гідролітично лужним розчином солі  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . При дії лужного розчину на ґрунтовий комплекс витісняються іони водню  $\text{H}^+$ , міцніше зв'язані з ґрунтовим комплексом, а тому їх виділяється значно більше, ніж при дії на ґрунт розчину нейтральної солі.

Гідролітична кислотність характеризує повну кислотність ґрунту, оскільки вона включає всю потенціальну й актуальну кислотність. Гідролітична кислотність виражається в міліграм-еквівалентах на 100 г ґрунту. За гідролітичною кислотністю визначають норму вапна для вапнування кислих ґрунтів.

Для характеристики всіх ґрунтів визначають рН водної витяжки; для ґрунтів, ненасичених основами, визначають рН сольової витяжки, обмінну і гідролітичну кислотність. Ці показники використовують для визначення потреби у вапнуванні кислих ґрунтів. Найчастіше рН визначають за допомогою приладів рН-метрів. При визначенні обмінної кислотності застосовують метод Соколова, гідролітичної кислотності – метод Каппена.

### **Визначення рН водної витяжки**

#### *Технологічна карта*



*Суть методу.* Іони водню вільних кислот вилучають дистильованою водою при співвідношенні ґрунту до води 1:2,5 для мінеральних і 1:25 для торф'яних ґрунтів. Активність водню у витяжці визначають потенціометричним методом.

*Прилади і реактиви.* рН-метр, буферні розчини, 0,05 М розчин тетраоксалату калію ( $12,7 \text{ г } \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) розчиняють у дистильованій

воді і доводять об'єм до 1 л 0,1 М розчином біфталату калію (20,42 г  $\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$  розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л), 0,1 М розчин гідроксиду натрію (4 г  $\text{NaOH}$  розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л), 0,1 М розчин дигідрофосфату калію (13,61 г  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л), 0,2 М розчин борної кислоти (12,36 г  $\text{H}_3\text{BO}_3$  розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л). 0,1 М розчин бури  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (24,73 г  $\text{H}_3\text{BO}_3$  змішують з 100 мл 1 н. розчину  $\text{NaOH}$  і доводять об'єм дистильованою водою до 1 л; 0,05 М розчин готують з 0,1 М). 0,1 М розчин дигідрофосфату натрію (17,91 г  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л), розчин соляної кислоти.

Буферні суміші: тетраоксалату калію, 0,05 М розчин з  $\text{pH} = 1,68$  при 20 °С. 50 мл розчину біфталату калію доводять дистильованою водою до 100 мл,  $\text{pH} = 4,04$ ; 0,4 мл оксиду гідроксиду натрію і 50 мл біфталату калію доводять дистильованою водою до 100 мл  $\text{pH} = 5,0$ ; 23,8 мл гідроксиду натрію і 50 мл біфталату калію доводять водою до 100 мл  $\text{pH} = 6,0$ ; 45,45 мл гідроксиду натрію і 25 мл фосфату калію доводять водою до 100 мл  $\text{pH} = 6,86$ , 0,6 мл соляної кислоти і 99,4 мл тетраборату натрію (0,05 М розчин  $\text{pH} = 9,22$ ).

*Хід аналізу.* рН-метр підготовляють до роботи згідно з інструкцією, настроюють за допомогою буферних розчинів з рН, що дорівнюють 4,04, 6,86, 9,22. Беруть 20 г повітряно-сухого ґрунту, переносять у конічну колбу місткістю 100 мл, приливають 50 мл дистильованої води, добре збовтують і залишають відстоюватись на ніч до повного осадження ґрунту і освітлення розчину. У розчин обережно, щоб не сколотити розчин, занурюють електроди рН-метра і вимірюють величину рН водної витяжки.

#### **Визначення рН сольової витяжки**

*Суть методу* полягає у витісненні обмінних іонів водню  $\text{H}^+$  і  $\text{Al}^{3+}$  1 н. розчином  $\text{KCl}$  ( $\text{pH} = 5,5 \dots 6$ ) при співвідношенні ґрунту до розчину 1:2,5 для мінеральних ґрунтів і 1:25 для торф'яних з наступним вимірюванням активності іонів водню потенціометричним методом.

В методиці визначення рН сольової витяжки використані матеріали ГОСТу 26483.

*Прилади і реактиви.* рН-метр, 1 н. розчин хлориду калію, фіксанали буферних розчинів.

*Хід аналізу.* рН-метр підготовляють до роботи згідно з інструкцією. Настроюють рН-метр за допомогою буферних розчинів з рН, що дорівнюють 4,01, 6,86, 9,18. Беруть 20 г ґрунту, переносять у склянку на 100 мл і наливають 50 мл 1 н розчину хлориду калію. Вміст склянки збовтують 1 хв. і залишають стояти на ніч. Потім, не збовтуючи розчину, занурюють у нього скляні електроди і за допомогою рН-метра визначають величину рН сольової витяжки. Щоб встановити ступінь кислотності ґрунту, користуються табл. 3.4.

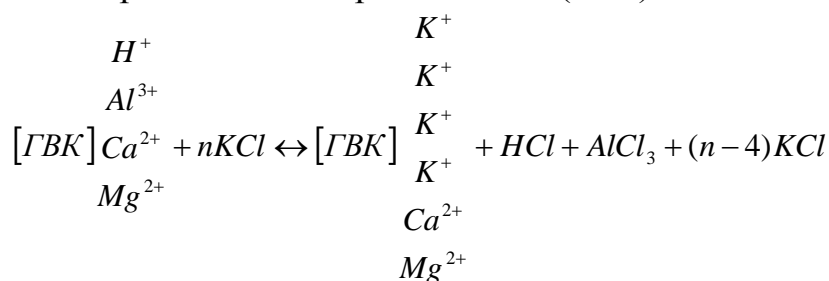
Таблиця 3.4. Ступінь кислотності ґрунту залежно від рН сольової витяжки

Ступінь кислотності	рН сольової витяжки	Ступінь кислотності	рН сольової витяжки
Дуже сильноокислі	<4	Слабкоокислі	5–5,5
Сильноокислі	4–4,5	Близькі до нейтральних	5,5–6
Середньоокислі	4,5–5	Нейтральні	>6

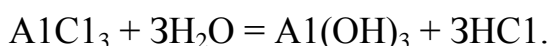
### Визначення в ґрунті обмінної кислотності і рухомого алюмінію за методом Соколова

Метод застосовують для визначення обмінної кислотності та рухомого алюмінію в підзолистих і опідзолених ґрунтах.

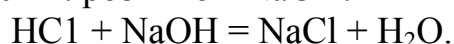
*Суть методу.* Із ГВК витісняють іони водню  $H^+$  й алюмінію  $Al^{3+}$ , обробляючи ґрунт 1 н. розчином нейтральної солі (КС1):



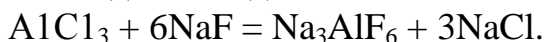
У розчині утворюються соляна кислота і хлорид алюмінію, який гідролітично розкладається з утворенням соляної кислоти і гідроксиду алюмінію:



Загальну обмінну кислотність, зумовлену іонами водню й алюмінію, визначають титруванням 0,01 н. розчином NaOH:



Після осадження у витяжці алюмінію фторидом натрію визначають кислотність, спричинену тільки поглинутими іонами водню  $H^+$ . Після взаємодії алюмінію з фторидом натрію утворюється нейтральна комплексна сіль – креоліт  $Na_3AlF_6$ , яка випадає в осад:



За різницею між загальною обмінною кислотністю і кислотністю, зумовленою іонами водню, визначають вміст рухомого алюмінію в ґрунті.

*Реактиви.* 1 н. розчин хлориду калію (74,56 г КС1 розчиняють у дистильованій воді й доводять об'єм розчину в мірній літрової колбі до риски; 1 н. розчин КС1 повинен мати рН = 5,5...6, при інших значеннях рН доливанням розбавлених НС1 або КОН реакцію розчину доводять до потрібної), 3,5 % -й розчин фториду натрію (3,5г NaF розчиняють в 96,5 мл води, вільної від  $CO_2$ ; рН розчину має дорівнювати 8; в іншому випадку рН розчину доводять до цієї ж величини приливанням 0,1 н. розчину NaOH або НС1), фенолфталеїн, бромтимоловий синій.

**Визначення загальної обмінної кислотності.** Хід аналізу. 100 г ґрунту вміщують в колбу на 500 мл. Приливають 250 мл 1 н. розчину КС1 і

збовтують протягом 1 год. Для торф'яних ґрунтів співвідношення ґрунту до розчину беруть 1:5. Збовтування суспензії можна замінити кип'ятінням протягом 5 хв. Після цього витяжку фільтрують крізь беззольний складчастий фільтр. 50 мл фільтрату переносять у колбу або хімічний стакан, кип'ятять протягом 5 хв. для видалення CO<sub>2</sub> і титрують у гарячому стані 0,01 н. розчином NaOH у присутності 3-5 крапель фенолфталеїну до слабко-рожевого забарвлення. Кількість 0,01 н. розчину NaOH, витрачена на титрування 50 мл витяжки, характеризує загальну обмінну кислотність у масі ґрунту, що припадає на об'єм фільтрату.

Обмінну кислотність (x), в мг-екв на 100 г ґрунту, обчислюють за формулою:

$$x = \frac{a \cdot 0,01 \cdot 100}{m},$$

де *a* – кількість точно 0,01 н. розчину NaOH, витраченого на титрування витяжки, мл; *m* – розрахункова маса ґрунту, г; 0,01 – нормальність луґу для перерахунку результатів аналізу, мг-екв (1 мл нормального розчину містить 1 мг-екв); 100 – для перерахунку на 100 г ґрунту.

Якщо для титрування беруть 50 мл витяжки, то формула матиме вигляд:

$$x = a \cdot 0,05.$$

**Визначення обмінної кислотності, зумовленої іонами водню H<sup>+</sup>. Хід аналізу.** 50 мл витяжки переносять у колбу (для ґрунтів легкого гранулометричного складу беруть 100 мл витяжки), кип'ятять протягом 5 хв. для видалення CO<sub>2</sub> і доливають 3 мл 3,5 %-го розчину фториду натрію для зв'язування алюмінію. Після охолодження витяжку титрують 0,01 н. розчином NaOH у присутності 3-5 крапель фенолфталеїну до слабко-рожевого або до синього забарвлення з бромтимоловим синім. При цьому розчину луґу витрачається менше, ніж при визначенні загальної обмінної кислотності. Якщо проводять аналіз ґрунту, який не містить рухомого алюмінію, то результати першого і другого титрувань мають бути однаковими.

Кількість луґу, витраченого на титрування 50 (100) мл витяжки, відповідає вмісту в ній іонів водню без алюмінію.

Обмінну кислотність, зумовлену іонами водню H<sup>+</sup> (X<sub>1</sub> в міліграм-еквівалентах на 100 г ґрунту), визначають за формулою для обчислення загальної обмінної кислотності.

**Визначення вмісту алюмінію в ґрунті.** Вміст алюмінію (A), в мг-екв на 100 г ґрунту, визначають за формулою:

$$A = X - X_1,$$

де X – загальна обмінна кислотність, зумовлена іонами водню й алюмінію, мг-екв на 100 г ґрунту; X<sub>1</sub> – обмінна кислотність, зумовлена тільки іонами водню, мг-екв на 100 г ґрунту.

Вміст алюмінію виражають також в міліграмах на 100 г ґрунту; вміст алюмінію в міліграмах на 100 г ґрунту визначають за формулою



$$A = (X - X_1) \cdot 9,$$

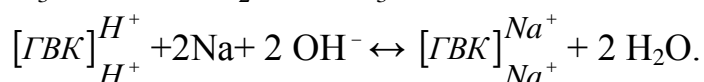
де 9 – еквівалентна маса алюмінію, г.

Вміст алюмінію в дерново-підзолистих ґрунтах коливається від 0,9 до 21 мг на 100 г ґрунту. Рухомість алюмінію залежить від кислотності. Найвища його рухомість при рН сольової витяжки, що дорівнює 4,5-5.

Найбільш чутливі до алюмінію такі культури: цукрові й столові буряки, конюшина, люцерна, озима пшениця, жито. Ріст і розвиток їх пригнічуються при вмісті рухомого алюмінію 1-2 мг на 100 г ґрунту. При кількості його більш як 2 мг на 100 г ґрунту конюшина і люцерна випадають. Малочутливі до алюмінію люпин, кукурудза, просо, гречка, картопля, середньочутливі – горох, льон, соняшник, просо, ячмінь.

### **Визначення гідролітичної кислотності за методом Каппена**

*Суть методу.* Гідролітичною називають кислотність, зумовлену взаємодією ґрунту з розчином гідролітично лужної солі  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Як сіль сильної основи і слабкої кислоти  $\text{CH}_3\text{COONa}$  у водних розчинах гідролізує з утворенням іонів  $\text{OH}^-$ . Реакція відбувається до утворення слабкодисоційованої сполуки – оцтової кислоти. Водень ГВК реагує з іонами  $\text{OH}^-$ , утворюючи воду, а натрій заміщає водень. Це призводить до зміщення рівноваги гідролізу вправо й утворення додаткової кількості оцтової кислоти, яка еквівалентна кількості натрію, витраченому на витіснення водню:



Кількість оцтової кислоти, що утворилася, визначають після титрування лугом. Слід зазначити, що в умовах лужного середовища в розчин переходять не тільки іони водню обмінної кислотності, а й іони водню, міцніше зв'язані з колоїдним комплексом ґрунту. Тому гідролітична кислотність – це сума актуальної й потенціальної кислотності. Експериментально встановлено, що при одноразовій обробці ґрунту  $\text{CH}_3\text{COONa}$  іони водню витісняються не повністю. Величина гідролітичної кислотності в 1,75 раза більша.

Результати визначення використовують при обчисленні величини ємності вбирання кислих ґрунтів, для встановлення норм вапна при вапнуванні, при визначенні ефективного використання фосфоритного борошна.

В методиці визначення гідролітичної кислотності використані матеріали ГОСТу 26212.

*Реактиви.* 1 н. розчин ацетату натрію (136 г  $\text{CH}_3\text{COONa}$  х  $3\text{H}_2\text{O}$  розчиняють у мірній літровій колбі і водою доводять до риски, перемішують і перевіряють рН. Добутий реактив (беруть пробу 20 мл) від однієї краплі фенолфталеїну має давати слабо-рожеве забарвлення, що відповідає рН=8,2. Якщо реактив не забарвлюється, до нього доливають 1 н. розчин  $\text{NaOH}$  доти, поки від однієї краплі фенолфталеїну не з'явиться слабо-рожеве забарвлення. Якщо приготовлений розчин забарвлюється в інтенсивно

рожевий колір, то до нього додають 10 %-й розчин  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , поки інтенсивно рожеве забарвлення не перейде в слабо-рожеве. рН вихідного розчину доводять до величини 8,2 тому, що саме ця величина рН відповідає зміні забарвлення фенолфталеїну. рН 1 н. розчину  $\text{CH}_3\text{COONa}$  теоретично дорівнює 9,5. Приготовлений реактив можна зберігати не більш як 3 доби), 1 %-й розчин фенолфталеїну, 0,1 н. розчин гідроксиду натрію.

*Хід аналізу.* 40 г ґрунту переносять у колбу місткістю 250-300 мл, приливають 100 мл 1 н. розчину  $\text{CH}_3\text{COONa}$ . Вміст колби збовтують 1 год. і розчин фільтрують крізь сухий складчастий фільтр (біла стрічка).

Перед фільтруванням вміст колби збовтують і переносять на фільтр якомога більшу частину ґрунту. Перші каламутні порції фільтрату відкидають. Якщо фільтрат і далі залишається каламутним, то його фільтрують знову крізь той самий фільтр.

Піпеткою беруть 50 мл фільтрату і переносять у колбу на 200 мл; додають 2–3 краплі фенолфталеїну і титрують 0,1 н. розчином їдкого натру до слабо-рожевого забарвлення, яке не зникає протягом 1 хв.. Якщо фільтрат жовтий, то титрування здійснюють у присутності «свідка» – заздалегідь відтитрованої проби.

Величину гідролітичної кислотності (Н), в мг-екв на 100 г ґрунту, обчислюють за формулою:

$$H = \frac{a \cdot 1,75 \cdot 100}{m \cdot 10},$$

де  $a$  – кількість точно 0,1 н. розчину  $\text{NaOH}$ , витраченого на титрування, мл; 1,75 – поправочний коефіцієнт на неповноту витіснення іонів водню при одноразовій обробці ґрунту  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ; 100 – для перерахунку на 100 г ґрунту; 10 – для перерахунку кількості мілілітрів 0,1 н. розчину  $\text{NaOH}$  в мг-екв (1 мл 0,1 н. розчину  $\text{NaOH}$  відповідає 0,1 мг-екв іонів водню);  $m$  – розрахункова маса наважки ґрунту, г.

## ВИЗНАЧЕННЯ СПОЛУК АЗОТУ В ҐРУНТІ

Вміст загального азоту в ґрунті становить 0,03–0,5%. Запас азоту в ґрунті представлений в основному біологічно стійкими органічними (65–80%), а також лабільними сполуками в невеликій кількості (6–9%). Азотовмісні органічні сполуки представлені гумусом, амінокислотами, продуктами конденсації їх та іншими органічними речовинами. Ґрунти, багатші на органічну речовину, наприклад чорноземи, мають і вищий вміст азоту. Азот органічних сполук стає доступним для рослин лише після мінералізації їх.

Азоторганічні сполуки (аміди, амінокислоти та ін.), які швидко розкладаються і переходять у мінеральні, вважають легкогідролізованими. Легкогідролізований азот становить 1–5% загального його вмісту. До мінеральних сполук азоту належить амонійний азот, азот нітратів, нітритів і фіксований амоній. Із мінеральних сполук азоту в ґрунті переважає амонійний азот ( $\text{NH}_4^+$ ), менше в ньому нітратного ( $\text{NO}_3^-$ ) і нітритного ( $\text{NO}_2^-$ ). Частина амонію в ґрунті (1–10% загального азоту) необмінно зв'язана

(фіксований азот), входить у міжпакетні простори кристалічної решітки глинистих мінералів і недоступна для рослин. Рослини засвоюють азот рухомих мінеральних сполук – солей амонію та азотної кислоти. Кількість рухомих мінеральних сполук азоту в ґрунті дуже незначна (близько 1% загального азоту).

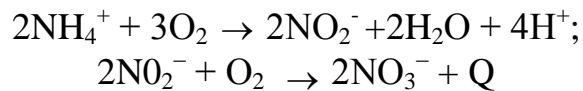
Достатнє забезпечення рослин азотом залежить від мінералізації азотовмісних органічних речовин. Розкладання органічних речовин відбувається під впливом мікроорганізмів за схемою: білки, гумінові речовини → амінокислоти, амідни → амоній → нітрити → нітрати.

Мінералізація органічних сполук до амонію під впливом мікроорганізмів називається процесом амоніфікації. Вона відбувається в аеробних й анаеробних умовах завдяки життєдіяльності бактерій, актиноміцетів, цвільових грибів, синьозелених водоростей:



Більша частина амонію поглинається ґрунтовими колоїдами і перебуває в обмінному стані. Незначна його кількість при взаємодії з органічними кислотами, які виділяються при розкладанні органічної речовини ґрунту, утворює розчинні солі і знаходиться в ґрунтовому розчині. За сприятливих умов (вологості – 60 % капілярної вологоємності ґрунту; реакції ґрунту, близькій до нейтральної; температурі 26 – 28 °С) амоній підлягає процесу нітрифікації, внаслідок чого він окислюється до утворення азотної кислоти.

Процес відбувається за схемою



Потім азотна кислота нейтралізується основами ґрунту з утворенням нітратів  $Ca(NO_3)_2$ ,  $Mg(NO_3)_2$  тощо. При підкисленні ґрунту нітрифікація послаблюється, а при температурі ґрунту, нижчій за 5–10 °С, нітрифікація майже припиняється. Активність процесу нітрифікації є ознакою культурного стану і до деякої міри характеризує його родючість. Нітратний азот ґрунтом не поглинається, знаходиться в ґрунтовому розчині і тому може вимиватися з орного шару.

Поряд з процесом мінералізації органічних сполук азоту в ґрунті азот використовується мікроорганізмами для побудови білка свого тіла (імобілізація). Після відмирання мікроорганізмів цей азот знову частково мінералізується, а частково закріплюється в гумусі.

Під впливом певних бактерій, грибів та актиноміцетів відбувається процес денітрифікації – відновлення нітратів до газоподібних форм азоту ( $N_2O$  і  $N_2$ ), внаслідок чого втрачається значна кількість азоту з ґрунту.

Перетворення сполук азоту в ґрунті залежить від його реакції, застосування засобів хімізації, погодно-кліматичних умов, агротехніки тощо

При вивченні азотного фонду ґрунту визначається вміст загального азоту і фракційний склад його сполук. Залежно від потреби і типу ґрунту

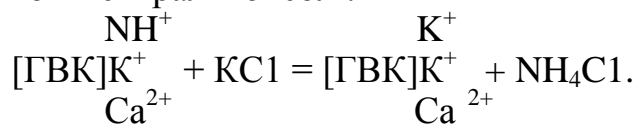
визначають також вміст фіксованого амонію. Щоб встановити забезпечення рослин азотом, визначають вміст у ґрунті легкогідролізованого азоту і нітрифікаційну здатність ґрунту. При вивченні динаміки мінерального азоту в ґрунті під час вегетації рослин визначають вміст амонійного і нітратного азоту.

Вміст загального азоту в ґрунті визначають за методом К'єльдаля або Іодльбауера, методом інфрачервоної спектроскопії (за допомогою інфрачервоного аналізатора Neotec 4250), методом ЦІНАО, колориметричним методом з реактивом Несслера, феноловим методом.

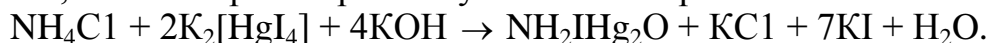
Фракційний склад сполук азоту визначають за методом Шконде і Корольової. Легкогідролізований азот в некарбонатних ґрунтах визначають методом Тюрини і Кононової, в карбонатних – методом Шлавицької, лужногідролізований азот – методом Корнфілда, амонійний азот – колориметричним методом з реактивом Несслера, індофенольним методом; нітратний азот – методом Гранвальд-Ляжу, за допомогою іонселективних електродів.

### **Визначення вмісту амонійного азоту в ґрунті за допомогою реактиву Несслера**

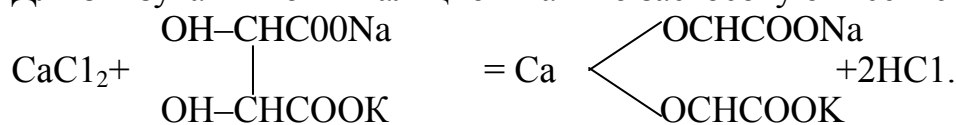
*Суть методу* полягає у витісненні з ґрунту обмінного амонію розчином нейтральної солі:



Амоній утворює з реактивом Несслера комплексну сполуку – йодид меркурамонію, який забарвлює розчин у жовтий колір:



Для зв'язування іонів кальцію і магнію застосовують сегнетову сіль:



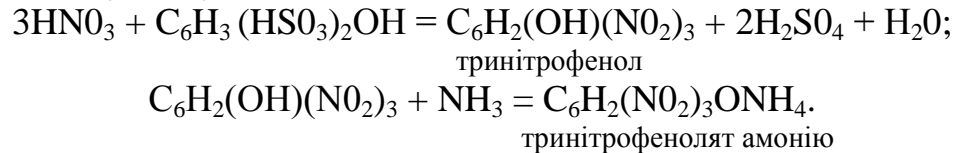
Інтенсивність забарвлення розчину в певних концентраціях прямо пропорційна вмісту амонію в розчині. Фотометруючи розчин, визначають вміст азоту амонію.

*Прилади і реактиви.* Фотоелектроколориметр, 50%-й розчин сегнетової солі (50 г  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  розчиняють у воді і об'єм доводять до 100 мл), реактив Несслера (20 г KI розчиняють у 30 мл води, добавляють 35 г  $\text{HgI}_2$  і в фарфоровій ступці товкачиком розтирають до повного розчинення. Приливають 870 мл 15 %-го розчину KOH, перемішують, дають відстоятися і декантують прозорий розчин. Розчин зберігають у темній склянці), зразковий розчин хлориду амонію (0,7405 г  $\text{NH}_4\text{Cl}$  розчиняють у воді в мірній колбі на 1 л. Об'єм доводять до риски водою. 10 мл розчину переносять у мірну колбу на 500 мл і розбавляють водою до риски; 1 мл розчину містить 0,0039 мг азоту або 0,005 мг  $\text{NH}_4$ ), 1 н. розчин хлориду калію з рН = 5,6...6.



## Визначення вмісту нітратного азоту в ґрунті з дисульфогеноловою кислотою за методом Грандваль-Ляжу

Суть методу полягає у тому, що нітрати з дисульфогеноловою кислотою утворюють тринітрофенол, який у лужному середовищі утворює тринітрофенолят амонію жовтого кольору, інтенсивність забарвлення якого пропорційна вмісту азоту:



Фотометруючи розчин, визначають вміст нітратів у ґрунті. Нітрати з ґрунту вилучають водою при співвідношенні ґрунту до води 1:5.

*Прилади і реактиви.* Фотоелектроколориметр, дисульфогенолова кислота (3 г фенолу змішують з 20,1 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  густиною  $1,84 \text{ г/см}^3$  у колбі з паровідвідною трубкою, яка є холодильником. Розчин нагрівають на киплячій водяній бані протягом 6 год., періодично помішуючи), зразковий розчин на нітрати (0,3612 г  $\text{KNO}_3$  кількісно переносять у мірну колбу на 1 л і доводять водою до риски. 50 мл розчину переносять у мірну колбу на 500 мл і доводять водою до риски. 1 мл розчину містить 0,0026 мг азоту або 0,01 мг  $\text{NO}_3$ ), алюмокалієвий галун, 20%-ний розчин їдкового натру.

*Хід аналізу.* 20 г сухого ґрунту переносять у колбу місткістю 250 мл, всипають для осадження колоїдів невелику кількість (10–15 мг) алюмокалієвого галуну, приливають 100 мл води і збовтують 3 хв.. Розчин фільтрують, відкидаючи перші порції фільтрату.

У фарфорову чашку для випарювання переносять 25–50 мл фільтрату і випарюють на водяній бані. Після висушування осаду в чашку приливають з бюретки 1 мл дисульфогенолової кислоти. За допомогою скляної палички з оплавленим кінцем змочують дисульфогеноловою кислотою сухий осад на всій внутрішній поверхні чашки. Поверхню чашки протягом 10 хв. періодично обробляють дисульфогеноловою кислотою, яку раніше прилито в чашку.

У чашку приливають 10–20 мл води і перемішують. Розчин нейтралізують 20%-м розчином  $\text{NaOH}$  або 12,5%-м розчином аміаку. При наявності нітратів у лужному середовищі вміст чашки забарвлюється в стійкий жовтий колір. Залежно від інтенсивності забарвлення розчин з чашки кількісно переносять у мірну колбу на 50 або 100 мл. Об'єм розчину доводять водою до риски і фотометрують. Використовують світлофільтр 400–440 нм.

Фотометрування закінчують протягом 30 хв. Одночасно виготовляють шкалу зразкових розчинів. Для цього в фарфорові чашки приливають 2, 4, 8, 10, 15, 20 мл зразкового розчину. Далі виконують ті самі операції, що й з досліджуваними зразками.

Знаючи вміст нітратів у зразковому розчині та оптичну густина,

будують калібрувальний графік.

Вміст нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ), в міліграмах на 1000 г ґрунту, обчислюють за формулою

$$\text{NO}_3^- = \frac{a \cdot 1000}{m},$$

де  $a$  – кількість нітратів, знайдена за калібрувальним графіком, мг;  $m$  – розрахункова маса ґрунту, г; 1000 – для перерахунку на 1 кг.

### **Визначення вмісту нітратів у ґрунті за допомогою іонселективних електродів**

*Суть методу* полягає у визначенні концентрації іонів  $\text{NO}_3^-$  в усіх типах ґрунтів (за винятком засолених) за допомогою іонселективного електрода у водній і сольовій суспензіях (1%-й розчин алюмокалієвого галуну або 0,05%-го розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$  у суспензіях при співвідношенні ґрунту до розчину 1:2,5). Нітратний іонселективний електрод характеризується лінійною залежністю у діапазоні  $0,5 < \text{pNO}_3 < 4$  з похилом 54–56 мВ на одиницю  $\text{pNO}_3$ .

*Прилади і реактиви.* Іономір ЭВ-74, іонселективний нітратний електрод ЭМ- $\text{NO}_3$ -01, хлорсрібний електрод порівняння ЭВЛ-1ВЗ, насичений розчин КСІ (255 г КСІ зважують з похибкою 0,1 г, розчиняють у мірній колбі на 1 л і об'єм доводять водою до риски), розчин  $1 \cdot 10^{-1}$  М  $\text{KNO}_3$  (10,11 г перекристалізованого  $\text{KNO}_3$ , висушеного при 100–105 °С до сталої маси, розчиняють у мірній колбі 1 л і доводять об'єм водою до риски. З цього розчину поступовим десятиразовим розбавлянням дистильованою водою готують стандартні розчини  $\text{KNO}_3$  з концентрацією  $1 \cdot 10^{-2}$  М,  $1 \cdot 10^{-3}$  М,  $1 \cdot 10^{-4}$  М, які використовують для калібрування приладу і побудови калібрувального графіка).

Іонселективний електрод готують до роботи згідно з інструкцією, звертаючи увагу на його заповнення розчинами  $1 \cdot 10^{-1}$  М  $\text{KNO}_3$  і  $1 \cdot 10^{-1}$  М КСІ. Електрод витримують добу у розчині  $1 \cdot 10^{-1}$  М  $\text{KNO}_3$  і  $5 \cdot 10^{-3}$  М КСІ. В інтервалах між дослідженнями електрод зберігають у розчині  $1 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{KNO}_3$ . Електрод порівняння готують до роботи згідно з інструкцією, причому він повинен бути на 2/3 занурений у насичений розчин КСІ, в якому його витримують 2 доби. Цей електрод у інтервалах між роботою зберігають у дистильованій воді. Під час роботи відкривають пробку, яка є в електроді.

Перед початком роботи нітратний і хлорсрібний електроди занурюють на 10 хв у  $10^{-4}$  М розчин  $\text{KNO}_3$ , потім споліскують дистильованою водою, обсушують фільтрувальним папером і використовують для калібрування приладу і визначення нітратів.

*Калібрування приладу.* Налаштування іономіра ЭВ-74 у режимі рХ ( $\text{pNO}_3$ ) проводять, використовуючи розчини концентрацій  $1 \cdot 10^{-1}$  М і  $1 \cdot 10^{-4}$  М  $\text{KNO}_3$ . Перемикач термокомпенсації приладу повинен бути у положенні

“Ручн”, а ручки “Температура раствора” і “рХ” – переведені у крайнє ліве положення

Електроди вставляють у вимірювальну склянку, у якій міститься  $1 \cdot 10^{-2}$  М розчин  $\text{KNO}_3$ . Клавішу “t” відключають, надавлюють клавішу “рХ” і ручкою “Калибровка” встановлюють стрілку приладу на позначку “4” на середній шкалі ( $\text{pNO}_3 = 4$ ). Електроди споліскують дистильованою водою і занурюють їх у розчин з концентрацією  $1 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{KNO}_3$  ( $\text{pNO}_3 = 2$ ). Стрілку приладу ручкою “Крутизна” встановлюють на позначку “2”. Якщо діапазону регулювання ручкою “Крутизна” на вистачає, то використовують ручку “Температура раствора” Продовжують настроювати прилад, використовуючи розчини з концентраціями  $1 \cdot 10^{-4}$  М і  $1 \cdot 10^{-2}$  М  $\text{KNO}_3$  Остаточну перевірку настроювання приладу проводять за допомогою розчину  $1 \cdot 10^{-3}$  М  $\text{KNO}_3$  ( $\text{pNO}_3$ ). Відхилення від контрольного значення не повинно перевищувати  $\pm 0,05 \text{ рХ}$ .

Перед кожним новим настроюванням приладу електроди 3–4 хв. витримують у дистильованій воді або розчині  $1 \cdot 10^{-4}$  М  $\text{KNO}_3$ , споліскують і обсушують фільтрувальним папером.

*Хід аналізу.* 20 г ґрунту або 10 г торф'янистого ґрунту переносять у колбу, приливають відповідно 50 або 100 мл 1%-го розчину алюмокалієвого галуни і збовтують 3–5 хв. У фільтраті або суспензії визначають кількість нітратів шляхом вимірювання  $\text{pNO}_3$  Для цього у мірний стакан переносять досліджуваний зразок, опускають електроди і записують покази в  $\text{pNO}_3$ .

Вміст нітратів у ґрунті, в мг/кг, знаходять за величиною  $\text{pNO}_3$  (табл. 3.15, 3.16) або за формулою

$$\text{N} - \text{NO}_3 = \text{ant log} (4,54 - \text{pNO}_3).$$

## ВИЗНАЧЕННЯ СПОЛУК ФОСФОРУ В ҐРУНТІ

Фосфор входить до складу органічних і мінеральних сполук ґрунту. Вміст загального фосфору в ґрунтах становить 0,05–0,15 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Органічні сполуки фосфору представлені в основному фосфоліпідами, нуклеїновими кислотами та їх похідними, інозитфосфатами, гексозофосфатами, фосфопротеїдами. Фосфор входить до складу гумінових і фульвокислот гумусу. У чорноземних ґрунтах вміст фосфору органічних сполук переважає над мінеральними, а в дерново-підзолистих – навпаки. Фосфор органічних сполук доступний рослинам після гідролітичного розкладання їх фосфатазами і мікроорганізмами ґрунту. Значна частина фосфору ґрунту перебуває у важкодоступних формах, які стають доступними рослинам внаслідок дії на них корневих виділень і мікроорганізмів. Внесення добрив сприяє нагромадженню в ґрунті органічних і мінеральних сполук фосфору.

У живленні рослин основна роль належить мінеральним сполукам



фосфору, які представлені залишками апатиту, фосфориту, солями фосфорних кислот. Мінеральні сполуки фосфору в ґрунті, що перебувають у постійній взаємодії і динамічній рівновазі, можна поділити на три групи: сполуки фосфору, які є в ґрунтовому розчині; осаджені або адсорбовані сполуки фосфору на поверхні твердих фаз ґрунту; важкорозчинні фосфати, які є в мінеральному скелеті ґрунту в первинних і вторинних мінералах (ця група є резервом, за рахунок якого можуть поповнюватися запаси фосфатів на поверхні твердих фаз).

У живленні рослин важлива роль належить також сполукам фосфору, які перебувають у ґрунтовому розчині. Основними і найбільш засвоюваними сполуками є солі фосфорної кислоти. Метафосфати і пірофосфати меншою мірою засвоюються рослинами. Рослини найкраще засвоюють дигідрофосфати ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ), які вважають водорозчинними. Менш доступні для рослин гідрофосфати ( $\text{CaHPO}_4$ ,  $\text{MgHPO}_4$ ), які розчинні в слабких кислотах. Фосфати  $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$  розчинні у сильних кислотах.

Засвоюваність фосфору рослинами значною мірою залежить від процесів поглинання сполук фосфору. Внаслідок поглинання аніони фосфорної кислоти спочатку адсорбуються обмінними колоїдами ґрунту. У кислому середовищі глинисті мінерали адсорбують фосфат-іони. Аніони карбонатів і органічних кислот, гумат натрію витісняють адсорбовані фосфат-іони. Цим і пояснюється велика доступність адсорбованих фосфат-іонів.

Обмінно-поглинуті фосфат-іони поступово переходять у хімічно осаджені. Внаслідок хімічного осадження дигідрофосфати переходять у гідрофосфати, що зумовлює меншу розчинність і доступність сполук фосфору рослинам. У нейтральних і карбонатних ґрунтах утворюються в значній кількості фосфати кальцію і магнію, у кислих – фосфати заліза та алюмінію. Фосфор фосфату алюмінію більш доступний для рослин, ніж фосфор фосфату заліза. Фосфати кальцію і магнію, що утворилися, спочатку перебувають в аморфному стані, їх фосфор частково доступний рослинам, проте в міру старіння фосфати кальцію і магнію стають менш доступними рослинам.

Залежно від мети і завдань, які стоять перед дослідником, у ґрунті можуть визначати: загальний вміст фосфору, вміст органічних і мінеральних сполук фосфору, вміст і рухомість рухомих сполук фосфору, ступень рухомості фосфатів, груповий і фракційний склад фосфатів тощо.

Визначення сполук фосфору в ґрунті складається з кількох етапів.

1. Переведення фосфору з твердої фази ґрунту в розчин, внаслідок чого добувають ґрунтові витяжки, які містять ті чи інші сполуки фосфору. Це можна здійснити за допомогою сплавлення наважки ґрунту з содою, розкладанням її плавиковою кислотою, обробкою при нагріванні або на холоді концентрованими і розбавленими, мінеральними кислотами, буферними чи сольовими розчинами тощо.

2. Підготовка ґрунтових витяжок до аналізу: знебарвлення, окислення, випарювання, відновлення, осадження та ін.

3. Визначення фосфору в розчинах різними методами: гравіметричним, титриметричним, фотометричним. Найбільш поширеним, зручним і швидким є фотометричний метод визначення сполук фосфору в ґрунтових витяжках.

Для різних ґрунтових відмін характерні певні сполуки фосфору. Залежно від їхнього складу вибирають конкретний метод визначення сполук фосфору,

Враховуючи переважаючі сполуки фосфору у ґрунті і їх доступність рослинам, застосовують різні екстрактори для вилучення рухомих сполук фосфору (0,2 н розчин HCl, розчини оцтової і сірчаної кислот тощо). Тому основною відмінною властивістю методик визначення рухомих сполук фосфору є розчинник, який застосовують для вилучення певних рухомих сполук фосфору з ґрунту. Кількісно визначають фосфор у більшості методик колориметричним методом. Наприклад, рухомі сполуки фосфору в дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах визначають за методом Кірсанова, в чорноземах некарбонатних – за методом Чирікова, в карбонатних ґрунтах – за методами Мачигіна, Олсена, в кислих, нейтральних і карбонатних ґрунтах – за методом Брейя і Куртца.

Фракційний склад мінеральних сполук фосфору визначають за методами Чанга – Джексона, Гінзбург – Лебедевої, груповий склад – за методом Чирікова.

Для визначення загального вмісту фосфору в ґрунті наважку його озолують сумішшю плавикової й азотної кислот або хлорною кислотою, сумішшю сірчаної і хлорної кислот (за методом Гінзбург та ін.). У розчинах загальний вміст фосфору визначають гравіметричним або фотометричним методом.

Оптимальний вміст рухомого фосфору в кислих і нейтральних ґрунтах становить 100–150 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 1000 г ґрунту, в карбонатних – 30–35 мг.

### **Визначення вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті за методом Кірсанова**

Технологічна схема аналізу ґрунту за методом Кірсанова:

1. Наважка ґрунту (10,0 г) → розчинник (0,2 н. розчин HCl) → збовтування → відстоювання → фільтрування → підготовка до фотометрування (фільтрат, розрахункова маса, реактив Б, розчин SnCl<sub>2</sub>) → фотометрування (визначення оптичної густини) → розрахунок результатів аналізу (показник приладу і калібрувального графіка, розрахунки).

2. Калібрування ФЕК. Одночасно з отриманням суспензії калібрують ФЕК (виготовлення шкали зразкових розчинів) → підготовляють прилад до роботи → фотометрування розчинів шкали зразкових розчинів (показники густини зразкових розчинів) → побудова калібрувального графіка.

3. Оцінка і використання результатів аналізу (визначення достовірності аналітичних даних). Отримані дані використовують: для моніторингу ґрунтів; паспортизації земель; складання агрохімічних картограм, системи і

плану використання добрив; оцінки якості і ціни земельної ділянки (поля).

Сполуки фосфору вилучають з ґрунту 0,2 н. розчином HCl у співвідношенні ґрунту до розчину 1:5. У розчин переходять дигідрофосфати, гідрофосфати, частково фосфати кальцію, алюмінію і заліза.

*Суть методу* полягає в тому, що фосфорна кислота в кислому середовищі з молібдатом амонію утворює безбарвну комплексну сполуку – гетерополікислоту  $H_7[(Mo_2O_7)_6] \cdot H_2O$ . При наявності олова як відновника утворюється комплексна сполука синього кольору  $(MoO_2 \cdot 4MoO_3)_2 \cdot H_3PO_4 \cdot 4H_2O$ .

Молібден гетерополікислоти відновлюється легше, ніж молібден молібдату амонію. Кількість кислоти в розчині має бути оптимальною, оскільки в лужному середовищі гетерополікислота руйнується, в сильнокислому – утворюється нестійка сполука.

Молібден відновлюють хлоридом олова (II). Хлорид олова (II) – сильний відновник, здатний відновлювати  $Mo^{6+}$  гетерополікислоти до  $Mo^{5+}$ . Метод чутливий, проте інтенсивність забарвлення молібденової сині з часом слабшає. В певних концентраціях інтенсивність її пропорційна вмісту фосфору.

*Прилади і реактиви.* Фотоелектроколориметр, молібденова рідина (20 г перекристалізованого молібдату амонію розчиняють у 200 мл води, нагрітої до 60 °С. Змішують 280 мл концентрованої  $H_2SO_4$  густиною 1,83–1,84 г/см<sup>3</sup> з 500 мл води. Після охолодження розчинів сірчану кислоту вливають у розчин молібдату амонію, постійно помішуючи. Об'єм розчину доводять до 1 л водою (реактив Б), розчин хлориду олова (II) (приготування металічного олова: 0,32 г тонкоподрібненого металічного олова переносять у колбу місткістю 25 мл з ризкою, приливають 7 мл концентрованої HCl густиною 1,174–1,185 г/см<sup>3</sup>, закривають клапаном Бунзена і залишають стояти на ніч. На другу добу колбу ставлять у киплячу водяну баню і витримують до повного розчинення олова. Розчин охолоджують і доводять водою до риски.

Приготування з хлориду олова (II): 2,5 г  $SnCl_2 \cdot 2H_2O$  розчиняють у 100 мл 10 %-го розчину HCl, нагріваючи на водяній бані. Добутий розчин перед використанням розбавляють водою у чотири рази, зразковий розчин дигідрофосфату калію (0,1917 г  $KH_2PO_4$  розчиняють у 1 л води. 25 мл розчину переносять у мірну колбу на 1 л і об'єм доводять водою до риски. У 1 мл розчину міститься 0,0025 мг  $P_2O_5$ ), 0,2 н. розчин соляної кислоти.

*Хід аналізу.* 10 г ґрунту заливають 50 мл 0,2 н. розчину HCl і збовтують 1 хв. Через 15 хв. суспензію фільтрують.

Для визначення фосфору відбирають 5-10 мл фільтрату в мірну колбу на 100 мл, доливають об'єм водою до 85–90 мл. Приливають 4 мл реактиву Б, збовтують, доливають 1 мл розчину хлориду олова (II) і доводять об'єм водою до риски. Через 5 хв. розчин фотометрують. Контрольний дослід проводять в аналогічних умовах і з тією самою кількістю реактивів, але без витяжки ґрунту.

Вміст фосфору в ґрунті обчислюють за допомогою калібрувального графіка. Для цього приготують шкалу зразкових розчинів. У десять

мірних колб на 100 мл приливають 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 20, 25 мл зразкового розчину, об'єм доводять водою до 85–90 мл, збовтують, приливають 4 мл реактиву Б, доливають 1 мл розчину хлориду олова (II) і доводять об'єм водою до риски.

Фотометрують розчин через 5 хв., але не пізніше як через 15 хв. проти розчину порівняння при червоному світлофільтрі. Знаючи вміст фосфору й оптичну густину зразкових розчинів, будують калібрувальний графік.

Вміст рухомого фосфору ( $P_2O_5$ ), в міліграмах на 1000 г ґрунту, обчислюють за формулою

$$P_2O_5 = \frac{a \cdot 1000}{m},$$

де  $a$  – кількість  $P_2O_5$ , знайдена за калібрувальним графіком, мг;  $m$  – розрахункова маса ґрунту, г.

Знаючи вміст рухомого фосфору в ґрунті, визначають забезпеченість ним рослин (табл. 3.18).

Таблиця 3.18. Забезпеченість рослин рухомими сполуками фосфору, мг  $P_2O_5$  на 1000 г ґрунту (за методом Кірсанова)

Забезпеченість рослин	Зернові, зернобобові культури	Коренеплоди, картопля	Овочеві, технічні культури
Дуже низька	<30	<80	<150
Низька	<80	<150	<200
Середня	80–150	150–200	200–300
Висока	>150	>200	>300

### Визначення вмісту рухомих сполук фосфору за методом Чирікова

*Суть методу.* Метод Чирікова дає змогу проводити груповий аналіз сполук фосфору за розчинністю в некарбонатних ґрунтах, крім кислих субтропічних ґрунтів (червоноземів, жовтоземів, ґрунтів заплав з великим вмістом заліза (табл. 3.20)). Цю методику застосовують для визначення групового складу фосфатів при внесенні органічних і мінеральних добрив з метою вивчення перетворень сполук фосфору внесених добрив.

Таблиця 3.20. Груповий склад сполук фосфору за методом Чирікова

Група	Розчинник	Сполуки фосфору
I	0,04-0,06 н. розчин $H_2CO_3$	Дигідрофосфати лужних металів та амонію, гідрофосфати Ca (Mg), частина $Mg_3(PO_4)_2$ і $Ca_3(PO_4)_2$ (переважно свіжеосаджені)
II	0,5 н. розчин $CH_3COOH$	Різноосновні фосфати кальцію (типу ди-, три-, октакальційфосфатів тощо) частково $AlPO_4$ , фітин
III	0,5 н. розчин $HCl$	Високоосновні фосфати кальцію типу апатиту (природно і вторинноутворені), $AlPO_4$ , $FePO_4$ . Частина фосфорних ефірів і фітати заліза
IV	3 н.розчин $NH_4OH$	Фосфоінозити, нуклеїнові кислоти, нуклеопротеїди, фосфогумусові комплекси, частина $AlPO_4$ , $FePO_4$ ,

		продукти гідролізу фосфорних ефірів
V	Фосфор у залишку ґрунту	Фосфор незвітраних мінералів материнських порід; фосфогумінові комплекси, що важко гідролізуються

За допомогою води, насиченої вуглекислим газом, з ґрунту вилучають фосфати першої групи (дигідрофосфати, гідрофосфати кальцію і магнію, частково фосфати кальцію і магнію). Фосфати другої групи вилучають 0,5 н. розчином  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . До другої групи належать різноосновні фосфати кальцію, частково фосфат алюмінію. Фосфорит, апатит, фосфати заліза та алюмінію, частина фосфорних ефірів становлять третю групу фосфатів і їх вилучають з ґрунту 0,5 н. розчином  $\text{HCl}$ . Четверту групу фосфатів вилучають 3 н. водним розчином аміаку. До цієї групи належать інозити, нуклеїнові кислоти, нуклеопротейди, фосфогумінові комплекси, частково фосфати алюмінію й заліза, продукти гідролізу фосфорних ефірів. До п'ятої групи фосфатів належить фосфор, який міститься в залишку ґрунту. Крім того, до неї належать фосфати незвітраних мінералів материнських порід, фосфогумінові комплекси, що важко гідролізуються.

Фотометричне визначення вмісту фосфору ґрунтується на тому, що фосфор у кислому середовищі з молібдатом амонію у присутності олова як відновника утворює комплексну сполуку синього кольору:  $(\text{MoO}_2 \cdot 4\text{MoO}_3)_2 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Для агрохімічної характеристики ґрунтів часто визначають вміст рухомих сполук фосфору, які вилучають 0,5 н. розчином  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Ці сполуки представлені фосфатами першої та другої груп, їх називають ще рухомими фосфатами.

*Прилади і реактиви.* Фотоелектроколориметр, розбавлена сірчана кислота (150 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  густиною 1,84 г/см<sup>3</sup> обережно приливають у мірну літрову колбу, яка містить 700–800 мл води, після охолодження об'єм доводять водою до риски), молібдат амонію (20 г молібдату амонію розчиняють у хімічному стакані з гарячою водою (60 °С), кількісно переносять у літрову мірну колбу і об'єм доводять водою до риски), зразковий розчин на фосфор, 0,5 н. розчин оцтової кислоти, розчин хлориду олова (II).

**Визначення рухомих фосфатів, вилучених 0,5 н. розчином  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .** *Хід аналізу.* 4 г ґрунту переносять у колбу на 250 мл, наливають 100 мл 0,5 н. розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$  і збовтують на ротаторі протягом 1 год., залишають на 18–20 год. і фільтрують, відкидаючи перші порції фільтрату; 5–10 мл фільтрату переносять у мірну колбу на 100 мл, приливають 10 мл розбавленої сірчаної кислоти, 10 мл розчину молібдату амонію. Об'єм доводять водою до 90–95 мл, збовтують, додають 6 крапель хлориду олова (II), знову збовтують, об'єм доводять водою до риски і через 10–15 хв. розчин фотометрують проти розчину порівняння при червоному світлофільтрі. Фотометрування закінчують за 30 хв..

Розчин порівняння приготують в аналогічних умовах, але без фосфору. Одночасно приготують шкалу зразкових розчинів. У дев'ять

мірних колб місткістю 100 мл приливають 1, 2, 4, 5, 8, 10, 15, 20, 25 мл зразкового розчину, в 1 мл якого міститься 0,002 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. У кожну колбу приливають 10 мл розбавленої сірчаної кислоти і 10 мл розчину молібдату амонію. Доливають водою до 90–95 мл, додають 6 крапель хлориду олова (II), збовтують, об'єм доводять водою до риски. Через 10-15 хв. розчин фотометрують. Знаючи оптичну і вміст фосфору розчині, будують калібрувальний графік.

Вміст фосфору (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) міліграмах на 1000 г ґрунту, обчислюють за формулою

$$P_2O_5 = \frac{a \cdot 1000}{m},$$

де *a* – кількість P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, знайдена за калібрувальним графіком, мг ; *m* – розрахункова маса ґрунту, г.

Забезпеченість рослин рухомими формами сполуками фосфору наведено в табл. 3.21.

Таблиця 3.21. Забезпеченість рослин рухомими сполуками фосфору, мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 1000 г ґрунту (за методом Чирікова)

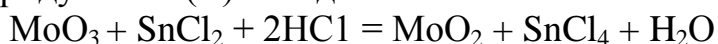
Забезпеченість рослин	Зернові, зернобобові культури	Коренеплоди, картопля	Овочеві культури
Дуже низька	<20	<50	<100
Низька	<50	<100	<150
Середня	50-100	100-150	150-200
Висока	>100	>150	>200

### Визначення вмісту рухомих сполук фосфору в карбонатних ґрунтах за методом Мачигіна

*Суть методу.* Сполуки фосфору вилучають 1 %-м розчином карбонату амонію (рН = 9). Співвідношення ґрунту і розчину 1 : 20. Карбонат-іони, пригнічуючи активність іонів кальцію в розчині, сприяють переходу у розчин сполук фосфору, зв'язаного з кальцієм, а також фосфатів заліза та алюмінію.

Забарвлені органічними речовинами витяжки перед визначенням фосфору знебарвлюються внаслідок окислення перманганатом калію. Фосфор, який міститься в розчині, при взаємодії з молібдатовим амонієм в присутності відновника утворює комплексну сполуку – молібденову синь.

Вміст фосфору визначають фотометруванням молібденової сині з використанням хлориду олова (II) як відновника:



Синій колір розчину зумовлює комплексна сполука (MoO<sub>2</sub>·4MoO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O.

Результати аналізу значною мірою залежать від температури в лабораторії і рН розчину карбонату амонію.

*Прилади і реактиви.* Фотоелектроколориметр, розбавлена сірчана кислота (до 600–700 мл води обережно приливають 150 мл концентрованої H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> густиною 1,84 г/см<sup>3</sup>). Після охолодження об'єм доводять водою до 1 л),

молібденова рідина (25 г молібдату амонію розчиняють у 200 мл води, нагрітої до 60 °С, 130 мл концентрованої H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> густиною 1,84 г/см<sup>3</sup> обережно вливають у 600 мл води, після охолодження розчин молібдату амонію вливають у розчин кислоти, охолоджують, об'єм доводять водою до 1 л); розчин хлориду олова (II) (0,25 г SnCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O переносять у пробірку з клапаном Бунзена і розчиняють 10 мл 10%-го розчину HCl при нагріванні на водяній бані), зразковий розчин на фосфор, 1 %-й розчин карбонату амонію (рН=9), 0,5 н. розчин перманганату калію, 10%-й розчин глюкози, 10%-й розчин соди, індикатор β-динітрофенол.

*Хід аналізу.* 5 г ґрунту, зваженого з похибкою не більш як 0.1 г, заливають 100 мл 1 %-го розчину (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> закривають пробкою, збовтують протягом 3 хв. і відстоюють 18 год. при температурі (25±2) °С.

Якщо витяжка забарвлена, її знебарвлюють. Для цього 5-20 мл фільтрату переносять у колбу на 250 мл, приливають 2 мл розбавленої H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> і 4 мл 0,5 н. розчину KMnO<sub>4</sub>. Розчин кип'ятять 2 хв. від початку кипіння розчину. Залишок перманганату калію знебарвлюють 1 мл 10%-го розчину глюкози при нагріванні. У холодному розчині сірчану кислоту нейтралізують 10%-м розчином соди до появи світло-жовтого забарвлення в присутності 3 краплин індикатора β-динітрофенолу.

Безбарвні витяжки нейтралізують розчином розбавленої сірчаної кислоти, перевіряючи повноту нейтралізації за допомогою лакмусового папірця. Потім розчин збовтують для видалення CO<sub>2</sub>. Нейтралізований розчин кількісно переносять у мірну колбу на 50 мл, приливають 2 мл молібденової рідини, збовтують, додають 3 краплі розчину хлориду олова (II). Об'єм доводять водою до риски, збовтують і залишають стояти на 5 хв. Розчини фотометрують при червоному світлофільтрі. Розчин порівняння приготують в аналогічних умовах і з тією самою кількістю реактивів, але без наявності фосфору.

Вміст фосфору в ґрунті визначають за допомогою калібрувального графіка. Для цього приготують шкалу зразкових розчинів. У вісім мірних колб на 50 мл приливають 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 мл зразкового розчину, додають 3 краплі β-динітрофенолу і титрують 1 %-м розчином сірчаної кислоти до появи слабо-жовтого забарвлення, приливають 2 мл молібденової рідини, доливають водою до 90–95 мл, збовтують, додають 3 краплі розчину хлориду олова (II) і об'єм доводять водою до риски. Через 5 хв. розчини фотометрують проти розчину порівняння. Знаючи вміст фосфору (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) й оптичну густину зразкових розчинів, будують калібрувальний графік.

Вміст фосфору (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), в міліграмах на 1000 г ґрунту, обчислюють за формулою

$$P_2O_5 = \frac{a \cdot 1000}{m},$$

де *a* – кількість P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, знайдена за калібрувальним графіком, мг; *m* – розрахункова маса ґрунту, г.

Знаючи вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті, визначають забезпеченість рослин фосфором (табл. 3.22).

Таблиця 3.22. Забезпеченість рослин рухомими сполуками фосфору, мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 1000 г ґрунту ( за методом Мачигіна)

Забезпеченість рослин	Зернові культури і бавовник	Коренеплоди	Овочеві культури
Дуже низька	<10	<15	<30
Низька	<15	<30	<45
Середня	15-30	30-45	45-60
Висока	>30	>45	>60

## ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ КАЛІЮ В ҐРУНТІ

Вміст загального калію в ґрунтах становить 0,5–2,9 % K<sub>2</sub>O. Калій ґрунту представлений різними мінералами і солями. Вміст загального калію в ґрунті в основному залежить від його мінералогічного складу. Калій мінералів (слюди, гідрослюди, польові шпати тощо) безпосередньо недоступний для рослин. У незначній кількості калій входить до складу тіл мікроорганізмів.

Калій у ґрунті перебуває в різних формах: водорозчинний, обмінний, фіксований, калій плазми мікроорганізмів і калій мінералів.

Рослини добре засвоюють водорозчинний калій, який є у ґрунтовому розчині. Водорозчинного калію в ґрунтах дуже мало (0,5–1 мг K<sub>2</sub>O на 100 г ґрунту), за винятком засолених, де його вміст досягає 5 мг і більше. Обмінний калій міститься на поверхні дисперсної частини ґрунту і витісняється нейтральним сольовим розчином. При цьому у розчин переходить також водорозчинний калій. Вміст обмінного калію становить 5–15 і більше міліграмів K<sub>2</sub>O на 100 г ґрунту. Водорозчинний і безпосередньо обмінний калій добре засвоюються рослинами і їх вважають рухомими формами калію. Фіксованим вважають калій, який поглинутий мінералами і не витісняється сольовим розчином. Ця форма калію практично не засвоюється рослинами. Калій плазми мікроорганізмів біологічно поглинутий. Після відмирання мікроорганізмів калій переходить у рухому форму.

У ґрунті існує певна рівновага між формами калію:

K водорозчинний ↔ K обмінний ↔ K необмінний.

При правильному застосуванні добрив, високому рівні агротехніки ґрунт в незначній кількості необмінно фіксує калій і створюються умови для переходу фіксованого калію в обмінний (табл.3.25).

У ґрунті визначають загальний вміст калію, необмінний, рухомий, обмінний і водорозчинний калій. Визначення калію в ґрунті ґрунтується на витісненні певної форми калію у розчин з наступним визначенням його кількості за допомогою полуменевого фотометра чи атомно-абсорбційного спектрофотометра.



Таблиця 3.25. Вплив застосування добрив на вміст форм калію в лучно-чорноземному карбонатному ґрунті, K<sub>2</sub>O мг/кг ґрунту (І.У. Марчук, Л.А. Ященко)

Варіанти дослідів	Глибина, см	Форми калію					
		водорозчинний		обмінний		необмінно-фіксований	
		1979р.	1999р.	1979р.	1999р.	1979р.	1999р.
Без добрив (контроль)	0-25	15	13	64	66	1855	1830
	25-50	16	14	56	57	1836	1818
	50-75	16	15	58	58	1833	1824
	75-100	17	17	61	60	1812	1799
Гній	0-25	15	15	77	92	1850	1900
	25-50	14	16	74	85	1839	1895
	50-75	16	14	68	77	1855	1913
	75-100	18	18	73	79	1813	1863
Гній + NPK	0-25	18	21	94	111	1862	1938
	25-50	19	23	77	90	1801	1876
	50-75	20	25	74	85	1837	1920
	75-100	22	26	76	88	1816	1889
Гній + 1,5NPK	0-25	22	25	102	123	1902	1996
	25-50	23	27	81	96	1885	1978
	50-75	24	28	76	89	1913	2009
	75-100	25	29	84	92	1873	1964
NPK	0-25	18	18	89	103	1859	1910
	25-50	18	19	73	81	1854	1907
	50-75	19	21	76	83	1866	1922
	75-100	20	23	74	84	1824	1876

Існує три групи методів визначення рухомих форм калію:

1. Визначення обмінного калію, який вилучається розчином нейтральної солі (методи Маслової і Протасова). У розчин переходить також водорозчинний калій;
2. Визначення калію, який вилучається слабкими розчинами кислот (методи Кірсанова і Чирікова);
3. Визначення калію, який вилучається кислотно-сольовими буферними розчинами (метод Егнера-Рімма).

В дерново-підзолистих, сірих опідзолених і чорноземних некарбонатних ґрунтах обмінний калій визначають за методом Маслової, в карбонатних ґрунтах – за методом Гусейнова і Протасова.

Загальний вміст калію визначають спіканням за методом Сміта або розкладанням ґрунту плавиковою і сірчаною кислотами.

Водорозчинний калій визначають у водній витяжці. Для агрохімічної характеристики ґрунту вміст калію визначають у некарбонатних ґрунтах за методами Маслової, Кірсанова і Чирікова, у карбонатних – за методами Протасова і Мачигіна. Методи Кірсанова, Чирікова і Мачигіна в модифікації ЦІНАО використовують для визначення вмісту рухомих сполук фосфору і калію в одній наважці при складанні агрохімічних картограм, паспорту поля.

Оптимальний вміст рухомого калію у витяжках дерново-підзолистих

ґрунтів для зерново-просапної сівозміни за методом Кірсанова становить 170–250 мг  $K_2O$  на 1 кг ґрунту, у чорноземних ґрунтах за методом Чирікова – 150–200, у карбонатних і солонцюватих за методом Мачигіна – 300– 400 мг/кг (табл. 3.26).

Таблиця 3.26. Класифікація ґрунтів за вмістом рухомого калію

Забезпеченість рослин калієм	Колір на картограмі	Вміст $K_2O$ , мг/кг			
		за методом Кірсанова	за методом Чирікова	за методом Мачигіна	за методом Маслової
Дуже низька	Червоний	<40	<20	<50	<50
Низька	Оранжевий	41–80	21–40	51–100	51–100
Середня	Жовтий	81–120	41–80	101–200	101–150
Підвищена	Зелений	121–170	81–120	201–300	151–200
Висока	Блакитний	171–250	121–180	301–400	201–300
Дуже висока	Синій	>250	>180	>400	>300