

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра агрохімії, ґрунтознавства та землеробства
ім. С.Т. Вознюка

05-01-366М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з освітньої компоненти «Агрохімія»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Агрономія»
спеціальності 201 «Агрономія»
денної/заочної форми навчання
з елементами дуальної освіти

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННІАЗ
Протокол № 9 від 08.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з освітньої компоненти «Агрохімія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Агрономія» спеціальності 201 «Агрономія» денної/заочної форми навчання з елементами дуальної освіти. [Електронне перевидання] Фурманець О. А., Крайна М.А. – Рівне : НУВГП, 2025. – 57 с.

Укладач: Фурманець О. А., кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С.Т. Вознюка; Крайна М. А., асистент кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім. С.Т. Вознюка.

Відповідальна за випуск: Колесник Т. М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувачка кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства ім С.Т. Вознюка.

Керівник групи забезпечення
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент

Колесник Т. М.

Попередня версія МВ 05-01-248М

© О. А. Фурманець,
М. А. Крайна, 2025
© НУВГП, 2025

ЗМІСТ

	Вступ	
1	Структура освітньої компоненти	4
2	Теми лабораторних робіт	5
3	Лабораторна робота 1	6
4	Лабораторна робота 2	10
5	Лабораторна робота 3	12
6	Лабораторна робота 4	15
7	Лабораторна робота 5	18
8	Лабораторна робота 6	26
9	Лабораторна робота 7	28
10	Лабораторна робота 8	35
11	Лабораторна робота 9	39
12	Лабораторна робота 10	40
13	Лабораторна робота 11	42
14	Лабораторна робота 12	47
15	Лабораторна робота 13	49
16	Лабораторна робота 14	51
17	Лабораторна робота 15	54
18	Рекомендована література	56
19	Інформаційні ресурси	57

Вступ

Метою освітньої компоненти «Агрохімія» є ознайомлення майбутніх фахівців-агрономів з особливостями біохімічних процесів і взаємозв'язків в системі ґрунт-рослина-добриво, з метою підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і збільшення врожайності та підтримання високої технологічної якості продукції.

Освітня компонента «Агрохімія» формує наступні компетентності:

- знання та розуміння предметної області та професійної діяльності;
- навички здійснення безпечної діяльності;
- здатність використовувати базові знання основних підрозділів аграрної науки (рослинництво, землеробство, селекція та насінництво, агрохімія, плідівництво, овочівництво, ґрунтознавство, кормовиробництво, механізація в рослинництві, захист рослин);
- здатність науково обґрунтовано використовувати добрива та засоби захисту рослин з урахуванням їхніх хімічних і фізичних властивостей та впливу на навколишнє середовище.

Вивчення освітньої компоненти «Агрохімія» складається з лекційних, лабораторних занять та самостійної роботи над курсом.

Курс лабораторних робіт освітньої компоненти має на меті ознайомлення здобувачів із прикладними методиками оцінки агрохімічного стану ґрунту, дослідження якості та елементного складу основних видів мінеральних добрив та первинного агрохімічного аналізу вегетуючих рослин; набуття ними навичок роботи із аналітичним обладнанням, що використовується в конкретних умовах з метою отримання агрохімічної інформації.

1. Структура освітньої компоненти

Ступінь вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Освітня програма	Агрономія
Спеціальність	201 Агрономія
Рік навчання, семестр	3-ий рік навчання, 2 семестр
Кількість кредитів	4,5 кредити
Лекції	30 годин д.ф.н./8 год з.ф.н.
Практичні/семінари	30 годин д.ф.н./8 год з.ф.н.
Самостійна робота	75 годин д.ф.н./119 год з.ф.н.
Форма навчання	Денна/заочна з елементами дуальної освіти
Форма підсумкового контролю	Екзамен
Мова викладання	Українська

2. Теми лабораторних робіт

№	Тема роботи
1	Відбір проб ґрунту, добрив та рослинного матеріалу
2	Визначення вмісту нітратів у ґрунті за допомогою іонселективних електродів
3	Визначення вмісту амонійного азоту в ґрунті колориметричним методом з реактивом Несслера
4	Визначення вмісту лужногідролізованого азоту в ґрунті за Корнфілдом
5	Визначення вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті методами Мачигіна, Чирікова, Кірсанова, Брея та Олсена
6	Визначення нейтралізуючої здатності вапнякових добрив
7	Визначення доцільності проведення вапнування. Розрахунок кількості меліоранту
8	Визначення найпоширеніших мінеральних добрив
9	Визначення вмісту азоту в карбаміді
10	Визначення калію в мінеральних добривах кобальт-нітритним методом
11	Визначення вмісту сполук фосфору в мінеральних добривах
12	Визначення рухомих форм заліза за допомогою роданіду калію (або амонію) в торфі
13	Визначення цукру об'ємним методом за Бертраном
14	Визначення кислотного числа в олії
15	Визначення загальної кислотності плодів та овочів

3. Лабораторна робота № 1

Відбір проб ґрунту, добрив та рослинного матеріалу

Мета роботи: засвоїти теоретичні аспекти та практичні навички відбору проб матеріалів для подальшого агрохімічного дослідження

Теоретична частина

1.1. Відбір зразків ґрунту

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

Відбір зразків ґрунту в умовах польового досліді

У 5-8 точках ділянки залежно від мети досліджень, строкатості поля за родючістю, кількості внесених добрив, буром відбирають зразки ґрунту з орного і підорного шарів (0-25 см, 25-50, 50-75, 75-100, 0-60 см), які змішують і усереднюють поділом (методом конверта). При цьому відокремлюють різні включення і рослинні рештки. Після закінчення відбору зразків отвори в ґрунті засипають. Середній зразок (0,3- 0,5 кг) з етикеткою відправляють в агрохімічну лабораторію для аналізу, де його підсушують до повітряно-сухого стану, розтирають, просіюють через сито до 1 мм.

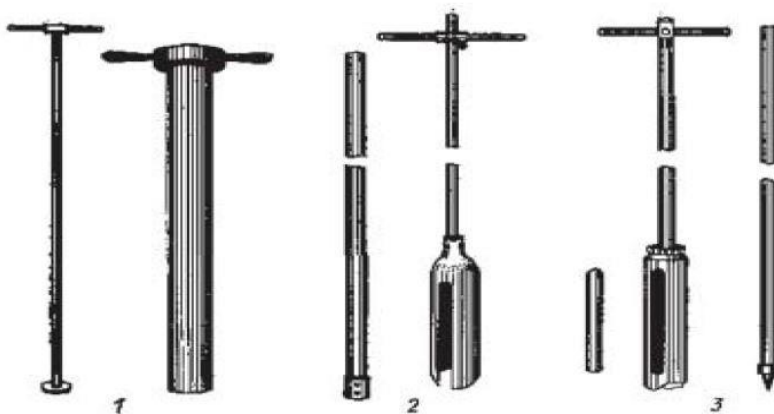


Рис. 1 Бури для відбору зразків ґрунту

Сучасна техніка дозволяє проводити відбір зразків механічно. На авто встановлюють механічні бури. Їх роботою керує оператор в автомобілі. Середній зразок в цьому випадку складається із 30-40 окремих відборів і має загальну масу до 0,5 кг.

Відбір зразків ґрунту з розрізу

На передній стінці розрізу за допомогою мірної стрічки розділяють профіль на генетичні горизонти. В польовому щоденнику або журналі позначають їхні індекси (НЕ, Е, І, Р) 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 (І) 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.

Підготовка зразків для масових аналізів

З висушених до повітряно-сухого стану зразків відбирають різні включення, рослинні рештки, подрібнюють, просівають крізь сито з діаметром отворів 1 мм і переносять у спеціальні коробочки, мішечки або пакети. Якщо зразок знаходиться у спеціальній коробочці, усі перемішують шпателем або ложкою і не менш ніж у п'яти місцях відбирають ґрунт для наважки. Якщо зразки знаходяться у мішечках або пакетах, їх рівномірно перемішують і беруть наважку. Аналізи у більшості досліджень проводять у дворазовому повторенні.

Відбір зразків рослинної продукції

Необхідною умовою для правильної хімічної характеристики зерна, плодів, коріння, листків тощо за малої наважки є правильне взяття проби і підготовка їх до аналізу. Це питання потребує особливої уваги.

В середні зразки повинно увійти як можна більша кількість рослин і їх частин, але водночас зразки не повинні бути дуже громіздкі, щоб не ускладнювати їх транспортування. Тому по кожній культурі або групі культур встановлюються спеціальні мінімальні розміри зразків, які дають можливість характеризувати їх за найбільш важливими показниками хімічного складу, а в ряді випадків - і за технологічними.

При відборі зразків у всіх варіантах необхідно дотримуватися однакової висоти зрізу рослин, одnobічної обрізки листя.

Взяття зразків не повинно проводитися під час дощу, поливу або відразу після цього, а також при росі на листі. Відбір необхідно проводити вранці, до настання спеки, або в кінці дня (завжди в один час).

Кожний зразок повинен бути забезпечений чітко заповненою етикеткою.

Вихідний зразок

Вихідний зразок в польових дослідженнях відбирають окремо з кожного повторення, що дає змогу провести математичну обробку, чи змішаний із двох і більше несуміжних повторень, в залежності від програми кожного дослідження.

Вихідний зразок з великих ділянок варіантів відбирається невеликими пучками рослин, розташованих по діагоналі ділянки на рівній один від одного відстані, або з декількох пробних ділянок, виділених на обліковій ділянці. При обмеженій кількості повторень для відбору зразків можна використовувати захисні смуги.

Індивідуальну мінливість сільськогосподарських культур малих ділянок вивчають на окремих рослинах, які знаходяться в однакових умовах росту. Тому для взяття проб відбирають найбільш вирівняні однорідні ділянки, на яких відбирають через визначені проміжки не менше 10 індивідуальних вихідних зразків (окремих рослин) одночасно зі стандартом, посіяним через 1-10 досліджених ділянок, в залежності від вирівняності рельєфу і родючості ділянки.

Середня проба

Середня проба повинна показувати середній вміст речовини, що визначається у великій масі досліджуваного об'єкту. Аналізовані речовини завжди характеризуються неоднорідністю складу в різних своїх частинах. Вихідні зразки, доставлені в лабораторію, розділяють на окремі органи: коріння, листя, насіння, зерно, соломку тощо; зважують, визначають вагове співвідношення. Потім грубо подрібнюють вегетаційну масу ножицями або соломорізкою, а крупне насіння - на лабораторному електричному млині, добре перемішують і відбирають квартуванням середню пробу.

Окрему пробу сирого матеріалу відбирають відразу ж для визначення абсолютно сухої речовини та вологості.

При підготовці до хімічного аналізу зразки, розкладені тонким шаром, висушують при кімнатній температурі або з підігрівом не більше 50-60°C до ламкого стану.

В такому стані зразки зберігаються в лабораторії необхідний період часу.

Аналітична проба

Із середнього зразка, добре перемішавши його, відбирають методом квартування аналітичну пробу масою 50-150 г повітряно-сухої речовини в залежності від запланованого набору аналізів і розмелюють.

Подрібнюють матеріал до розміру частинок 0,5-1,0 мм (більш тонкий помел необхідний при використанні невеликих наважок, менше 200 мг).

Зберігаються зразки протягом 10 місяців в провітрюваному приміщенні в закритих картонних або металевих коробках (бюксах).

При взятті наважок аналітичну пробу ще раз старанно перемішують, щоб виключити відокремлення частинок за розміром і масою.

Рослинний матеріал при потребі фіксують термічним способом, парю, спиртом або ліофільно висушують.

Відбір проб мінеральних добрив

Проби гранульованих, кристалічних та зернистих мінеральних добрив відбирають при перевантаженні на конвеєрі, з вагонів, автомашин, насипу.

Спочатку відбирають разові проби масою 200 г, які об'єднують у загальну пробу, перемішуючи і скороченням одержують середню пробу (1-2,5 кг). Середню пробу щільно упаковують у чисту суху банку з кришкою і підписують.

Проби незатареного продукту, що рухається, відбирають механічним пробовідбірником або вручну методом повного пересікання струменя добрива у місцях перепаду потоку через однакові інтервали часу.

Проби незатареного продукту з вагонів, автомашин, відбирають ручним пробовідбірником із розрахунку 36 разових проб з вагона, 22-разові проби з насипу до 60 т та 7-10 разових проб з автомашини. Проби беруть із глибини не менше ніж 30 см.

Проби добрив із мішка відбирають щілинним пробовідбірником при горизонтальному положенні мішка і заглибленні його на 3/4 довжини мішка вздовж діагоналей.

Аналітичну пробу добрива відбирають квартуванням середньої.

Практична частина

1. Ознайомитись із теоретичним матеріалом
2. Провести відбір зразків ґрунту відповідно до заданої схеми
3. Провести відбір зразків рослинного матеріалу
4. Відібрані зразки упакувати та промаркувати згідно з вимогами

Запитання для самоконтролю

1. Чим автоматичний відбір зразків ґрунту відрізняється від традиційного?
2. Які вимоги до маркування відібраних зразків?
3. Яка вага змішаного зразка мінеральних добрив є допустимою?

4. Лабораторна робота № 2

Визначення вмісту нітратів у ґрунті за допомогою іонселективних електродів

Мета роботи: вивчити загальні принципи та механізми виконання потенціометричних досліджень. Набути практичних навичок роботи з іонселективним електродом NO_3^- .

Теоретична частина

Суть методу полягає у визначенні концентрації іонів 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 H_2SO_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 pNO_3 .

Прилади та реактиви. Іономір, іонселективний нітратний електрод, хлорсрібний електрод порівняння, насичений розчин KCl (255 г KCl зважують з похибкою 0,1 г, розчиняють у мірній колбі на 1 л і об'єм доводять водою до риски), розчин 1 - 10^{-1}M KNO_3 (10,11 г перекристалізованого KNO_3 висушеного при $100-105^\circ\text{C}$ до сталої маси, розчиняють у мірній колбі 1 л і доводять об'єм водою до риски. З цього розчину поступовим десятиразовим розбавленням дистильованою водою готують стандартні розчини KNO_3 з концентрацією 10^{-2}M , 10^{-3}M , 10^{-4}M , які використовують для калібрування приладу і побудови калібрувального графіка).

Іонселективний електрод готують до роботи згідно з інструкцією, звертаючи увагу на його заповнення розчинами KCl . В інтервалах між дослідженнями електрод зберігають у розчині 10^{-3}M KNO_3 . Електрод порівняння готують до роботи згідно з інструкцією, причому він повинен бути на $2/3$ занурений у насичений розчин KCl , в якому його витримують 2 доби. Цей електрод в 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}M розчин KNO_3 , потім споліскують дистильованою водою, обсушують фільтрувальним папером і використовують для калібрування приладу і визначення нітратів.

Калібрування приладу. Настроювання іономіра проводять, використовуючи розчини відомих концентрацій 10^{-2}M , 10^{-3}M , 10^{-4}M KNO_3 . Порядок проведення розчинів: від найменшої концентрації до найбільшої.

Перед кожним новим настроюванням приладу електроди 3-4 хв витримують у дистильованій воді або розчині 10^{-4} М KNO_3 , споліскують і обсушують фільтрувальним папером.

Практична частина

1. 20 г ґрунту або 10 г торфового ґрунту переносять у колбу, приливають відповідно 50 або 100 мл 1%-го розчину алюмокалієвого галуни і збовтують 3-5 хв.

2. У фільтраті або суспензії визначають кількість нітратів шляхом вимірювання pNO_3 . Для цього у мірний стакан переносять досліджуваний зразок, опускають електроди і записують покази в pNO_3 .

3. Вміст нітратів у ґрунті, в мг/кг, знаходять за величиною pNO_3 згідно з даними таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

pNO_3	pNO_3 (соті частки)									
	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,5	109	107	105	102	100	97,7	95,5	93,3	91,2	89,1
2,6	87,1	85,1	83,2	81,3	79,4	77,6	75,9	74,1	72,4	70,8
2,7	69,2	67,6	66,1	64,6	63,1	61,7	60,3	58,9	57,5	56,2
2,8	55,0	53,7	52,5	51,3	50,1	49,0	47,9	46,8	45,7	44,7
2,9	43,6	42,7	41,7	40,7	39,8	38,9	38,0	37,2	36,3	35,5
3,0	34,7	33,9	33,1	32,4	31,6	30,9	30,2	29,3	28,8	28,3
3,1	27,5	26,9	26,3	25,7	25,1	24,6	24,0	23,4	22,9	22,4
3,2	21,9	21,4	20,9	20,4	20,0	19,5	19,1	18,6	18,2	17,8
3,3	17,4	17,0	16,6	16,2	15,9	15,5	15,1	14,8	14,5	14,1
3,4	13,8	13,5	13,2	12,9	12,6	12,3	12,0	11,8	11,5	11,2
3,5	11,0	10,7	10,5	10,2	10,0	9,80	9,60	9,30	9,10	8,90
3,6	8,70	8,50	8,30	8,10	7,90	7,80	7,60	7,40	7,30	7,10
3,7	6,90	6,70	6,60	6,50	6,30	6,20	6,00	5,90	5,80	5,60
3,8	5,50	5,40	5,20	5,10	5,00	4,90	4,80	4,70	4,60	4,50
3,9	4,40	4,30	4,20	4,10	4,00	3,90	3,80	3,70	3,60	3,50
4,0	3,40	3,30	3,30	3,20	3,20	3,10	3,00	3,00	2,90	2,80
4,1	2,80	2,70	2,60	2,60	2,50	2,50	2,40	2,30	2,30	2,20
4,2	2,20	2,10	2,10	2,00	2,00	1,90	1,90	1,90	1,80	1,80
4,3	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Запитання для самоконтролю

1. На чому заснований принцип іонселективного визначення нітратного азоту?

2. Які іони можуть заважати кількісному визначенню нітратів таким методом?

3. Які ще іони можна визначати потенціометрично?

5. Лабораторна робота № 3

Визначення вмісту амонійного азоту в ґрунті колориметричним методом з реактивом Несслера

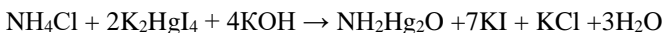
Мета роботи: засвоїти методику лабораторного колориметричного визначення амонійного азоту

Теоретична частина

Аналіз ґрунту на вміст амонійного азоту визначає ступінь забезпеченості його доступним для живлення рослин азотом в амонійній формі. Однак вміст амонійного азоту в ґрунті досить динамічний, тому результати аналізу показують ступінь забезпеченості ґрунту доступним амонійним азотом у конкретний період життя рослин. Паралельно з визначенням амонійного азоту проводять аналіз ґрунту на вміст нітратного азоту. На основі отриманих даних встановлюють вміст мінерального азоту в ґрунті і необхідність внесення азотних добрив.

Принцип методу. Метод ґрунтується на вилученні з ґрунту амонійного азоту 1 % розчином KCl у співвідношенні ґрунт-розчин 1:10 при збовтуванні ґрунтової суспензії протягом однієї години. Колориметричне визначення, полягає у взаємодії іона амонію з реактивом Несслера, при якому утворюється йодистий меркур-амоній, забарвлений у жовтий колір.

Реакція йде за наступною схемою:



Йодистий меркур-амоній виділяється з розчину у виді червоно-бурого осаду. Гранична концентрація, що допускає визначення амонійного азоту, не повинна перевищувати 0,15 мг у 100 мл. До зазначеної концентрації забарвлення розчинів підкоряється законові Бера. Оскільки інтенсивність забарвлення залежить від величини часток колоїдного розчину, необхідно дотримувати визначений порядок приливання реактивів, оскільки реакція дуже чутлива.

Визначенню амонію заважає присутність у витяжці іонів Ca і Mg, особливо при великій їхній кількості. Вони осаджуються реактивом Несслера і викликають опалесценцію розчину. Для запобігання утворення осаду до приливання реактиву Несслера в розчин додають сегнетову сіль (калійно-натрієву сіль винної кислоти), що з іонами кальцію і магнію утворює розчинні комплексні сполуки.

Практична частина

1. На технохімічній вазі зважують 10 г ґрунту з природною польовою вологістю. Одночасно відбирають наважку для визначення вологості. Можна відбирати для аналізу і повітряно-сухий ґрунт.

2. Наважку переносять у конічну колбу ємкістю 250 мл і доливають мірним циліндром 100 мл 1 % розчину KCl, до якого додають 0,5 мл толуолу (C₇H₈) для запобігання біологічним процесам, що впливають на результати аналізу.

3. Вміст колби збовтують на ротаторі протягом однієї години, потім фільтрують у конічну колбу ємкістю 200 мл через щільний складчастий фільтр, відмитий від аміаку.

4. До визначення NH₄ попередньо встановлюють об'єм ґрунтової витяжки, який необхідно взяти для аналізу. Для цього в пробірку поміщають 5 мл фільтрату і додають дві краплі розчину сегнетової солі і дві краплі реактиву Несслера. З появою бурого осаду для аналізу беруть 10 мл фільтрату, якщо розчин набуває червонуватого кольору - 15-25 мл, якщо жовтого — 30-40 мл.

5. Встановлений об'єм фільтрату відбирають піпеткою і додають у мірну колбу ємкістю 50 мл.

6. Випробуваний розчин у колбі доводять дистильованою водою до 40 мл, потім додають з бюретки 2 мл 50 %-го водного розчину сегнетової солі і добре збовтують рукою.

7. До випробуваного розчину додають 2 мл реактиви Несслера. Об'єм доводять до мітки безаміачною водою, ретельно перемішують і через дві-три хвилини проглядають на **фотоелектроколориметрі** із синім світлофільтром (**460 нм**) або на спектрофотометрі при довжині хвилі 425 нм.

Одночасно готують шкалу зразкових розчинів амонійного азоту.

Запасний розчин: 0,3820 г хімічно чистого NH₄Cl розчиняють у безаміачній воді в мірній колбі ємкістю 1 л. Обсяг розчину доводять безаміачною водою до мітки. У 1 мл отриманого розчину має утримуватися 0,1 мг азоту. Запасний розчин помішують у склянку з темного скла, додають три-п'ять крапель толуолу. Розчин може зберігатися протягом року.

Робочий розчин. 25 мл запасного розчину поміщають у мірну колбу ємкістю 500 мл і об'єм розчину доводять водою до мітки. У 1 мл робочого розчину утримується 0,005 мг азоту.

Приготування шкали зразкових розчинів для визначення амонійного азоту

У мірні колби ємкістю 50 мл помішують робочі розчини згідно з табл. 3.1. Об'єм розчину в колбах доводять безаміачною дистильованою водою приблизно до 45 мл, додають 2 мл 50 %-ного розчину сегнетової солі, 2

мл реактиву Несслера і проглядають на фотоелектроколориметрі, як і випробувані розчини. Колір розчину повинний бути чисто жовтим, світлого відтінку. Забарвлення його зберігається не більш години, потім з'являється каламуть або опалесценція (фізичне явище розсіяння світла каламутними розчинами (здебільшого колоїдів) з утворенням різних його відтінків). Для випробуваних розчинів за контроль приймають 1 % розчин КСІ у тому ж об'ємі, що і для випробуваного розчину ґрунтової витяжки з додаванням 50 % сегнетової солі, реактиву Несслера. безаміачної дистильованої води в тій же кількості, що і для випробуваних розчинів. Для зразкових розчинів за контроль приймається безаміачна дистильована вода з додатком усіх вищевказаних реактивів по визначенню аміачного азоту й у тому ж обсязі.

Побудова каліброваної кривої для визначення амонійного азоту

Відповідно до відомих концентрацій шкали зразкових розчинів і відповідним їм показанням приладу, будують на міліметровому папері калібрований графік. По каліброваній кривій визначають вміст NH₄ у 1 мл випробуваного розчину.

Таблиця 3.1

Шкала зразкових розчинів для амонійного азоту

№ колби	1	2	3	4	5	6	7	8
Кількість зразкового розчину	2	4	6	8	10	12	16	20
Вміст азоту, мг/мл	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,0010	0,0012	0,0016	0,002
Покази приладу								

Вміст азоту на кг досліджуваного ґрунту розраховують за формулою:

$$X = (a \cdot V \cdot 1000 \cdot K_2) / m \cdot V_1,$$

де X – кількість амонійного азоту в кг ґрунту, мг;

a – кількість азоту в 1 мл випробуваного розчину (за графіком), мг;

V – об'єм 1 %-ного розчину КСІ, взятий для одержання ґрунтової витяжки, мл;

V₁ – об'єм ґрунтової витяжки, взятий для аналізу, мл;

m – наважка ґрунту г;

1000 – коефіцієнт перерахунку на кг ґрунту;

K₂ – коефіцієнт гігроскопічності для перерахунку на сухий ґрунт.

8. Користуючись попередніми даними про визначення вмісту нітратного азоту, обчислюємо вміст мінерального азоту в ґрунті:

$$N_{NH_4} = N_{NO_3} + N_{NH_4}, \text{ мг/кг}$$

Зробити висновок щодо забезпеченості ґрунту азотом згідно з таблицею 3.2.

Таблиця 3.2

Групування ґрунтів за вмістом мінерального азоту

Ступінь забезпеченості	Мінеральний азот ($NO_3 + NH_4$)
Дуже низький	Менше 10
Низький	11-15
Середній	16-24
Підвищений	25-30
Високий	31-35
Дуже високий	Більше 35

Запитання для самоконтролю:

1. На чому заснований принцип методики визначення амонійного азоту із використанням реактиву Несслера?
2. Яким чином здійснюється побудова калібрувального графіка для визначення амонійного азоту?
3. Назвіть основні джерела амонійного азоту в ґрунті?

6. Лабораторна робота № 4

Визначення вмісту лужногідролізованого азоту в ґрунті за Корнфілдом

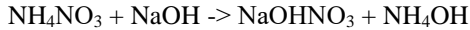
Мета роботи: оволодіти методикою визначення лужногідролізованого азоту в чашках Конвея, засвоїти базові навички комплексної оцінки азотного стану ґрунту.

Теоретична частина

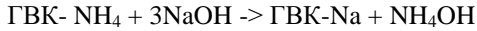
Результати аналізу ґрунту на вміст лужногідролізованого азоту використовуються в практиці сільського господарства для розрахунку доз азотних добрив.

В основу методу покладений гідроліз органічних сполук ґрунту 1 н розчином NaOH.

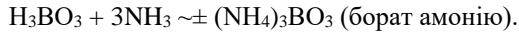
Крім аміаку, що виділяється при гідролізі органічної речовини ґрунту, метод дозволяє враховувати амонійний азот ґрунтового розчину й азот, що витісняється з колоїдного комплексу. При впливі лугом на солі, що містять амоній, утвориться гідроксид амонію, що розпадається на воду й аміак:



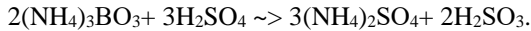
З ґрунтового колоїдного комплексу амоній (NH_4^+) витісняється іонами Na^+ :



Аміак поглинається борною кислотою й утворюється борат амонію — сіль сильної основи і слабкої кислоти.



Борат амонію титрують 0,02 н розчином H_2SO_4



Після руйнування борату амонію кислотність середовища різко підвищується під впливом надлишку H_2SO_4 , що викликає зміну забарвлення індикатора.

Аналіз проводять у чашках Конвея.

Практична частина

1. На технохімічній вазі зважують 2 г повітряно-сухого ґрунту, розтертого і просіяного через сито з отворами діаметром 1 мм.

2. Наважку ґрунту помішують у периферійну частину чашки Конвея, безпосередньо біля перегородкової стінки.

3. У центральну частину чашки за допомогою піпетки помішують 2 мл 2 %-ного розчину борної кислоти і долають із крапельниці дві краплі індикатора Гроага.

4. У периферійну частину, але з іншої сторони перегородкової стінки, поміщують за допомогою бюретки 5 мл 1 н розчину NaOH , але так, щоб не змочити ґрунт. Для цього чашку злегка нахиляють у ту сторону, де буде поміщений луг.

5. Не змінюючи положення чашки, накривають її кришкою і щільно притирають до шліфованих країв чашки. Для герметичного прилягання краї кришки заздалегідь змазують вазеліном.

6. Обережним обертанням чашки ґрунт змочують 1 н розчином лугу. Обертають чашку протягом однієї хвилини, щоб якнайкраще змішати ґрунт із розчином лугу. При цьому луг і ґрунт не повинні потрапити в розчин борної кислоти, у противному випадку аналіз необхідно повторити.

7. Герметично закриту чашку ставлять у термостат і вигримують 48 годин при температурі 28°C .

8. Після 48 годин чашку виймають з термостата, обережно знімають кришку і за допомогою мікробюретки титрують борат амонію, що утворився, 0,02 н розчином сірчаної кислоти. Титрування закінчують після зміни зеленого забарвлення розчину у фіолетово-червоне.

Для поправки на можливе забруднення реактивів проводять холості визначення (не менше двох) без наважки ґрунту.

Вміст лужногідролізованого азоту в ґрунті розраховують за формулою:

$$X = ((a-b) \cdot 0,28 \cdot 100 \cdot K_t) / H,$$

де X — кількість азоту, мг/100 г ґрунту;

a - кількість 0,02 н розчину H_2SO_4 , витраченого на титрування розчину, що досліджується, мл;

b - кількість 0,02 н розчину H_2SO_4 , що пішов на титрування при контрольному аналізі на чистоту реактивів, мл;

0,28 – кількість азоту, що відповідає 1 мл 0,02 н розчину H_2SO_4 , мг,

100 — коефіцієнт перерахування на 100 г ґрунту;

K_t - коефіцієнт гігроскопічності для перерахунку на сухий ґрунт.

За результатами аналізу встановлюють ступінь забезпеченості ґрунту лужно-гідролізованим азотом (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Групування ґрунтів за вмістом лужногідролізованого азоту, визначеного методом Корнфілда

Забезпеченість ґрунту	Вміст азоту, мг на 100 г ґрунту
Слабка	Менше 8
Середня	8-16
Підвищена	16-20
Висока	Більше 20

Запитання для самоконтролю:

1. Опишіть загальний принцип та послідовність основний дій методу визначення вмісту лужногідролізованого азоту в ґрунті.

2. Як виконується розрахунок фактичного вмісту легкогідролізованого азоту у ґрунті?

3. Які групи ґрунтів за проявом показника виділяють?

7. Лабораторна робота № 5

Визначення вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті методами Мачигіна, Чирікова, Кірсанова, Брея та Олсена.

Мета роботи: оволодіти основними методиками визначення фосфору залежно від конкретного типу ґрунту. Порівняти ефективність застосування різних методів для конкретних ґрунтових відмін.

Теоретична частина

Визначення фосфору в ґрунті включає дві операції: приготування ґрунтової витяжки та визначення фосфору в ній.

Результати хімічного аналізу на вміст рухомих сполук фосфору використовуються в практиці сільського господарства для розрахунку й уточнення доз добрив під сільськогосподарські культури.

5.1. Фотометричне визначення у приготованій витяжці

Якісною реакцією на фосфор є його взаємодія в кислому середовищі з триоксидом молібдену MoO_3 і утворення комплексної фосфорномолібденової кислоти, що при відновленні хлорним оловом $\text{SnCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ забарвлюється в блакитний або синій колір.

По інтенсивності забарвлення молібденової сині визначають вміст фосфору в досліджуваному розчині. Чутливість 0,002—0,003 і не більш 0,04 мг P_2O_5 на 50 мл. Точність $\pm 5\%$. Вибірковість аналізу: іони заліза знижують точність визначення при вмісті $\text{Fe}^{3+} > 2$ мг/50 мл; впливають на точність аналізу також органічні кислоти і гумусові речовини.

Хід аналізу

**(метод Деніже, варіант Труога-Мейера,
стандартне закінчення для всіх фотометричних методик)**

1. Розчин, що досліджується нейтралізують по індикатору динітрофенолу. Для цього в колбу до розчину додають три краплі насиченого розчину β -динітрофенолу. Якщо розчин забарвлюється в жовтий колір, то додають із крапельниці по краплях 10 % розчин сірчаної кислоти H_2SO_4 до зникнення забарвлення; якщо ж розчин при додаванні динітрофенолу лишається безбарвним, то додають по краплях із крапельниці 10 % розчин водного аміаку NH_4OH до появи жовтого забарвлення, що зникає при додаванні 10 % розчину кислоти.

2. Після нейтралізації розчину в колбу додають з бюретки 2 мл сульфатмолібденового амонію (комплексоутворювача) і доводять об'єм розчину дистильованою водою майже до мітки.

3. Вміст колби перемішують, перевертаючи колбу кілька разів, попередньо закривши колбу пробкою. У колбу додають три краплі

відновника— 2,5 % розчину хлорного олова, доводять водою до мітки і повторно перемішують.

4.Через 5-7 хвилин зафарбовані розчини проглядають на **фотоелектроколориметрі** з червоним світлофільтром при довжині хвилі **670 нм** або спектрофотометрі при 930 нм. Товщина кювети d дорівнює 20 мм. Показання приладу записують у відповідну таблицю.

Перегляд зафарбованих розчинів, проводять через 15-20 хв. Пізніше забарвлення молібденової сині міняється, що приводить до помилок результатів аналізу.

Вміст фосфору у випробуваних розчинах визначають за калібрувальним графіком.

Калібрований графік будують по шкалі стандартних розчинів. Для приготування шкали стандартних розчинів готують концентрований розчин фосфату (розчин А і робочий розчин фосфату (розчин Б).

Розчин А. На аналітичній вазі зважують наважку 0,1917 г хімічно чистої солі однозаміщеного фосфату калію K_2HPO_4 (попередньо перекристалізованого). Наважку розчиняють дистильованою водою в мірній колбі ємкістю 1 л і об'єм розчину доводять дистильованою водою до мітки. В 1 мл отриманого розчину повинно знаходитися 0,1 мг фосфору.

Розчин Б: 20 мл приготовленого розчину А розбавляють дистильованою водою в колбі на 1 л і об'єм розчину доводять дистильованою водою до мітки. В 1 мл цього розчину повинно утримуватися 0,002 мг P_2O_5 .

Для приготування шкали стандартних розчинів беруть шість мірних колб (по 50 мл) і нумерують їх по порядку. У колби додають розчин Б, як це зазначено в табл. 5.1. У кожену колбу додають по 10 мл розчину, яким вилучається фосфор із ґрунту, розбавляють дистильованою водою до об'єму 40 мл і забарвлюють у блакитний колір у такій же послідовності, як й у випробуванні. Через 5-7 хв стандартні розчини проглядають на колориметрі.

Таблиця 5.1

Шкала стандартних розчинів для побудови калібрувального графіка (готують у дворазовій повторності)

№ колби	Об'єм робочого розчину Б	Вміст P_2O_5 мг/мл	Покази приладу		
			1	2	Середні
1	0,0	0,0			
2	2,5	0,0001			
3	5,0	0,0002			
4	10,0	0,0004			
5	15,0	0,0006			
6	20,0	0,0008			

Вміст валового P_2O_5 у мг на 100 г ґрунту розраховують за формулою:

$$X = (a \cdot c \cdot 100 \cdot K_f) / H \cdot c_1,$$

де X — кількість P_2O_5 на 100 г ґрунту, мг;

a — кількість P_2O_5 , встановлене за графіком, мг/мл;

c — об'єм мірної колби, в яку перенесли наважку ґрунту, мл;

c_1 — об'єм мірної колби, з якої був взятий розчин для колориметрування, мл;

H — наважка ґрунту, г;

100 (1000) — коефіцієнт перерахунку на 100 г (кг) ґрунту;

K_f — коефіцієнт гігроскопічності.

5.2. Визначення вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті методом Кірсанова

(метод прийнятий стандартним для підзолистих і опідзолених ґрунтів)

Принцип методу. Метод ґрунтується на вилученні з ґрунту рухомих сполук фосфору і калію 0,2 н розчином HCl ($pH < 1$). Співвідношення ґрунт:розчин - 1:5, температура - 18-20° С, збовтування суспензії — 1 хвилина, настоювання ґрунту в розчині - 15 хвилин.

Фосфор визначають фотоколориметрично за інтенсивністю забарвлення молібденової сині.

Хід аналізу

1. На технохімічній вазі зважують 10 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами діаметром 2 мм.

2. Наважку поміщають у плоскодонну колбу ємністю 100 мл і додають мірним циліндром 50 мл 0,2 н розчину HCl .

3. Вміст колби збовтують протягом 1 хвилини і настоюють 15 хвилин.

Після настоювання ґрунтову суспензію короткочасно збовтують від руки і фільтрують через складчастий фільтр (синю стрічку) у колбу ємністю 100-150 мл. При фільтруванні необхідно намагатися якнайбільше ґрунту перенести на фільтр. Перші мутні порції фільтрату (10-20 мл), як правило, відкидають.

4. З прозорого фільтрату відбирають піпеткою 2 мл витяжки і поміщають у мірну колбу ємністю 50 мл.

5. У колбу додають 30 мл дистильованої води і нейтралізують по β -динітрофенолу.

Фосфор у випробуваному розчині визначають по методу Деніже, варіант Труога-Мейера (метод описаний вище).

Шкалу стандартних розчинів готують з додаванням у кожен колбу по 2 мл 0,2 н HCl з наступною нейтралізацією зразкових розчинів по β -динітрофенолу. Отриманий результат порівнюють для оцінки рівня вмісту

в ґрунті рухомих форм фосфору і калію зі шкалою групування ґрунтів для методу Кірсанова (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Групування ґрунтів за вмістом фосфору і калію для методу Кірсанова

Забезпеченість ґрунту	Вміст рухомих сполук фосфору і калію, мг/100 г ґрунту	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дуже низька	Менше 3	Менше 4
Низька	3-8	4-8
Середня	8-15	8-12
Підвищена	15-20	12-16
Висока	20-30	16-24
Дуже висока	Більше 30	Більше 24

5.3. Визначення вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті методом Брея

(метод застосовують для кислих, нейтральних та карбонатних ґрунтів)

Принцип методу. Метод Його принцип базується на використанні специфічного екстрагуючого розчину, який дозволяє вилучати фосфат-іони, що є доступними для рослин. Цей розчин включає 0,03 н амонійфторид (NH₄F) та 0,025 н хлоридну кислоту (HCl), які разом створюють умови для ефективного вилучення фосфору з ґрунтових часток.

Фосфор визначають фотокolorиметрично за інтенсивністю забарвлення молібденової сині.

Хід аналізу

1. На технохімічній вазі зважують 10 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами діаметром 2 мм.

2. Наважку поміщають у плоскодонну колбу ємкістю 100 мл і додають мірним циліндром 70 мл екстрагуючого розчину (слабокисла суміш, що складається з 0,03 н амонійфториду і 0,025 М соляної кислоти).

3. Вміст колби збовтують протягом 5 хвилини і настоюють 15 хвилин.

Після настоювання ґрунтову суспензію короткочасно збовтують від руки і фільтрують через складчастий фільтр (синю стрічку) у колбу ємкістю 100-150 мл. При фільтруванні необхідно намагатися якнайбільше ґрунту перенести на фільтр. Перші, мутні порції фільтрату (10-20 мл), як правило, відкидають.

4. З прозорого фільтрату відбирають піпеткою 5-10 мл витяжки і поміщають у мірну колбу ємкістю 50 мл.

5. У колбу додають 30 мл дистильованої води і нейтралізують по β-динітрофенолу.

Фосфор у випробуваному розчині визначають по методу Деніже, варіант Труога-Мейера (метод описаний вище) та обраховують дані за формулою, враховуючи розмірність мг/кг ґрунту.

Шкалу стандартних розчинів готують з додаванням у кожен колбу по 2 мл екстрагувального розчину з наступною нейтралізацією зразкових розчинів по β -динітрофенолу. Отриманий результат порівнюють для оцінки рівня вмісту в ґрунті рухомих форм фосфору і калію зі шкалою групування ґрунтів для методу Брея (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Групування ґрунтів за вмістом фосфору для методу Брея

Забезпеченість ґрунту	Вміст рухомих сполук фосфору і калію, мг/кг ґрунту
	P_2O_5
Дуже низька	Менше 5
Низька	5-20
Середня	21-40
Підвищена	41-60
Висока	60-80
Дуже висока	Більше 80

5.4. Визначення вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті методом Чирікова

(метод прийнятий стандартним для некарбонатних чорноземів)

Принцип методу. Метод ґрунтується на вилученні фосфору з ґрунту 0,5 н розчином оцтової кислоти CH_3COOH (рН 2,5) при співвідношенні ґрунт:розчин = 1:25 і температурі 18-20°C с подальшим визначенням вмісту фосфору в розчині методом Деніже, варіант Труога-Мейера, на фотоелектроколориметрі.

Хід аналізу

1. На технохімічній вазі зважують 4 г повітряно-сухого ґрунту, розмеленого і просіяного через сито з отворами діаметром 2 мм
2. Наважку ґрунту поміщають у плоскодонну колбу ємкістю 200-250 мл.
3. У колбу з ґрунтом доливають мірним циліндром 100 мл 0,5н розчину оцтової кислоти і закривають пробкою.
4. Вміст колби збовтують на ротаторі протягом 1 години і відстоюють 18-20 годин (можна збовтувати протягом 2 годин без наступного відстоювання).

5. Скаламучену суміш ґрунту і розчину фільтрують через щільний фільтр «синю стрічку» у конічну колбу ємністю 200-250 мл (якщо ґрунт відстоювався, то при фільтруванні з вмісту колби необхідно якнайбільше ґрунту перенести на фільтр для замулювання його пор). Перші порції мутного фільтрату (30-40 мл) необхідно відкинути. Фільтрат повинен бути прозорим.

6. З отриманого фільтрату відбирають за допомогою піпетки 5-10 мл досліджуваного розчину і помішують у мірну колбу ємністю 50 мл.

7. У мірній колбі фільтрат розбавляють дистильованою водою приблизно до 40 мл і визначають фосфор по методу Деніже, варіант Труога-Мейера (метод описаний вище).

Шкалу стандартних розчинів готують на 0,5н розчині CH_3COOH (хід приготування шкали і принцип побудови графіка викладені вище).

Після визначення вмісту P_2O_5 у мг/мл за графіком розраховують вміст рухомого фосфору на 100 г ґрунту.

Шкалу стандартних розчинів для калію готують на 0,5 н розчині оцтової кислоти.

Таблиця 5.4

Групування ґрунтів за вмістом фосфору і калію для методу Чирікова

Клас	Забезпеченість	Вміст рухомих сполук фосфору і калію, мг/100 г ґрунту	
		P_2O_5	K_2O
1	Дуже низька	Менше 2	Менше 4
2	Низька	2-5	4-9
3	Середня	5-10	9- 14
4	Підвищена	10-15	14-19
5	Висока	15-20	19-24
6	Дуже висока	Більше 20	Більше 24

5.5. Визначення вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті методом Мачигіна

(метод прийнятий стандартним для карбонатних чорноземів, сіроземів, каштанових, бурих і коричневих ґрунтів)

Принцип методу. Метод ґрунтується на вилученні рухомих сполук фосфору і калію з ґрунту 1 % розчином вуглекислого амонію $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (рН 9,0) при співвідношенні ґрунт-розчин 1:20 і температурі $25 \pm 2^\circ\text{C}$. Збовтування ґрунтової суспензії - 5 хвилин, настоювання ґрунту в розчині - 20 годин.

Перед визначенням фосфору забарвлену ґрунтову витяжку знебарвлюють активованим вугіллям. Фосфор визначають колориметрично по інтенсивності забарвлення молібденової сині.

Хід аналізу

1. На технохімічній вазі зважують 5 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами діаметром 2 мм.

2. Наважку ґрунту помішують у плоскодонну колбу ємкістю 200 мл і додають мірним циліндром 100 мл 1 % розчину вуглекислого амонію.

3. Вміст колби збовтують протягом 5 хв і відстоюють 20 годин при температурі $25 \pm 2^\circ\text{C}$ (бажано в термостаті).

4. Після відстоювання суспензію короткочасно збовтують від руки і фільтрують у колбу ємкістю 200 мл через складчастий фільтр (синю стрічку) діаметром 12-15 см. При фільтруванні необхідно намагатися якнайбільше ґрунту перенести на фільтр. Перші порції фільтрату (30-40 мл), як правило, мутні, відкидають.

5. Якщо фільтрат забарвлений, то його знебарвлюють активованим вугіллям. Для цього відбирають 30-40 мл фільтрату і помішують у плоскодонну колбу ємкістю 100 мл, додають 0,1-0,3 г активованого вугілля (за допомогою мірки), перемішують і відстоюють 10-20 хвилин. Якщо розчин не знебарвлюється, повторно додають вугілля, фільтрують.

6. З прозорого фільтрату відбирають 10 мл витяжки і поміщують у мірну колбу ємкістю 50 мл. Розчин нейтралізують по динітрофенолу.

7. До досліджуваного розчину додають дистильованої води до загального об'єму 40 мл.

Фосфор у досліджуваному розчині визначають методом Деніже, варіант Труога-Мейера (метод описаний вище). Шкалу стандартних розчинів готують з додаванням по 10 мл 1 % вуглекислого амонію у кожену колбу. Після визначення фосфору в ґрунтовій витяжці, що залишилася, визначають калій на полум'яному фотометрі. Шкалу зразкових розчинів для калію готують на 1% розчині вуглекислого амонію.

Отриманий результат порівнюють зі шкалою групування ґрунтів по вмісту рухомих форм фосфору і калію для методу Мачигіна.

Таблиця 5.5

Групування ґрунтів за вмістом фосфору і калію для методу Мачигіна

Забезпеченість ґрунту	Вміст рухомих сполук фосфору і калію), мг/100 г ґрунту	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Дуже низька	Менше 1,0	Менше 5
Низька	1,0-1,5	5-10

Середня	1,5-3,0	10- 15
Підвищена	3,0 - 4,5	15-20
Висока	4,5 - 6,0	20-30
Дуже висока	Більше 6-0	Більше 30

5.6. Визначення вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті методом Олсена

(метод застосовується для ґрунтів із нейтральною та лужною реакцією)

Принцип методу. Метод Олсена базується на екстракції фосфору з ґрунту за допомогою 0,5 М розчину натрієвого бікарбонату (NaHCO_3) з рН 8,5. В умовах високого рН фосфат-іони (PO_4^{3-}) вилучаються з ґрунтових часток і переходять у розчин.

Фосфор визначають колориметрично по інтенсивності забарвлення молібденової сині.

Хід аналізу

1. На технохімічній вазі зважують 5 г повітряно-сухого ґрунту, просіяного через сито з отворами діаметром 2 мм.

2. Наважку ґрунту помішують у плоскодонну колбу ємкістю 100 мл і додають мірним циліндром 20 мл 0,5 М розчину NaHCO_3 .

3. Вміст колби збовтують протягом 30 хв і відстоюють близько 10 хв.

4. Після відстоювання суспензію короткочасно збовтують від руки і фільтрують у колбу ємкістю 200 мл через складчастий фільтр (синю стрічку) діаметром 12-15 см. При фільтруванні необхідно намагатися якнайбільше ґрунту перенести на фільтр. Перші порції фільтрату (30-40 мл), як правило, мутні, відкидають.

5. З прозорого фільтрату відбирають 10 мл витяжки і поміщують у мірну колбу ємкістю 50 мл. Розчин нейтралізують по динітрофенолу.

7. До досліджуваного розчину додають дистильованої води до загального об'єму 40 мл.

Фосфор у досліджуваному розчині визначають методом Деніже, варіант Труога-Мейера (метод описаний вище). Шкалу стандартних розчинів готують з додаванням по 10 мл 0,5М гідрокарбонату натрію у кожен колбу.

Отриманий результат порівнюють зі шкалою групування ґрунтів по вмісту рухомих форм фосфору для методу Олсена.

Таблиця 5.6

Групування ґрунтів за вмістом фосфору для методу Олсена

Забезпеченість ґрунту	Вміст рухомих сполук фосфору, мг/кг ґрунту
	P ₂ O ₅
Дуже низька	Менше 4,0
Низька	4-7
Середня	8-15
Підвищена	16-22
Висока	23-30
Дуже висока	Більше 30

Запитання для самоконтролю

1. Для яких ґрунті використовується кожна із наведених методик? Чому?
2. Чим перелічені методи визначення відрізняються, а що є спільного?
3. Чи можна використовувати різні методи визначень для одного і того ж типу ґрунту, чому?

8. Лабораторна робота № 6**Визначення нейтралізуючої здатності вапнякових добрив.**

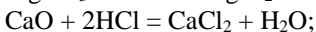
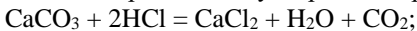
Мета роботи: визначити практичним чином придатність кальцієвмісних матеріалів для використання в якості хімічного меліоранта.

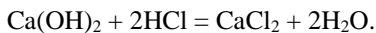
Теоретична частина

Вапнякові добрива застосовують для нейтралізації кислотності ґрунту. Нейтралізуючу здатність мають карбонати кальцію, магнію, а також оксиди та гідроксиди, що входять до складу вапнякових добрив. Крім того до їх складу входять й інші речовини, які не мають нейтралізуючих властивостей. Це – зайва волога та механічні домішки, що знижують якість вапняних добрив.

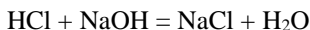
Тому для оцінки якості і розрахунків норм внесення вапнякових добрив необхідно знати їх нейтралізуючу здатність.

Принцип методу. Вапнякові добрива при нагріванні обробляють титрованою хлоридною кислотою, яка взаємодіючи з карбонатами, оксидами і гідроксидами утворює нейтральні солі кальцію і магнію:





Лишок хлоридної кислоти, що не взяла участь в реакції, відтитровують лугом:



За кількістю хлоридної кислоти, що прореагувала з вапняковим добривом обчислюють його нейтралізуючу здатність в перерахунку на карбонат кальцію у відсотках.

Реактиви і обладнання: 1,0 н розчини HCl і NaOH; фенолфталеїн; дистильована вода; вапнякові добрива, ваги аналітичні, конічні колби на 100 і 250 мл; бюретка, лійки; фільтри; плитка електрична; водяна баня.

Хід роботи

1. Зважують 1 г вапнякового добрива з похибкою 0,0002 г і переносять у колбу місткістю 250 мл. Добриво змочують 5-10 мл води і повільно приливають із бюретки 25 мл 1 н розчину HCl. Колбу закривають лійкою і повільно кип'ятять на піщаній бані до повного розкладання карбонатів кальцію і магнію. Потім гарячою водою ретельно змивають внутрішні стінки колби і доводять об'єм рідини в колбі до 100-120 мл. Додають 4-5 крапель фенолфталеїну і титрують розчин 1 н. розчином NaOH до появи стійкого рожевого забарвлення.

2. Вміст суми карбонатів кальцію і магнію в добриві в перерахунку на CaCO₃, у відсотках, обчислюють за формулою:

$$\text{CaCO}_3 = \frac{(a \cdot T_1 - b \cdot T_2) \cdot 0.05 \cdot 100}{m},$$

де a - кількість 1 н розчину HCl, взятого для розкладання карбонатів, мл; T_1 - поправка на титр 1 н. розчину HCl;

b - кількість 1 н. розчину NaOH, витраченого на титрування залишку кислоти, мл;

T_2 - поправка на титр 1 н. розчину NaOH;

0,05 - кількість CaCO₃, яка відповідає 1 мл 1 н. розчину HCl, г;

100 - для перерахунку результатів у відсотки,

m - маса добрива, г.

***Визначення вологості меліоранта.** Наважку 2,0-3,0 г меліоранта важать на аналітичних вагах і переносять у попередньо зважений бюкс. Бюкси ставлять у сушильну шафу та сушать при температурі 200° С до сталої маси.

Масову частку води в меліоранті обраховують за формулою:

$$X = (m - m_1) \cdot 100 / m_2, \%$$

де m -маса бюкса з наважкою до висушування;
 m_1 -маса бюкса з наважкою після висушування;
 m_2 -наважка добрива.

Запитання для самоконтролю:

1. В чому полягає принцип методу визначення нейтралізуючої здатності вапнякових добрив?

2. Для чого проводиться визначення нейтралізуючої здатності вапнякових добрив?

3. За якими показниками встановлюють оптимальну норму вапнякових добрив?

9. Лабораторна робота № 7

Визначення доцільності проведення вапнування. Розрахунок норм меліорантів

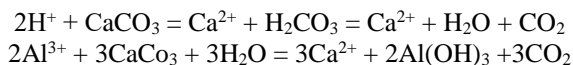
Мета роботи: провести комплексну оцінку кислотності ґрунту на основі наданих джерел із даними. Зробити висновки про потребу у меліоративних заходах для ґрунтів, що аналізуються. Запроектувати заходи із хімічної меліорації ґрунтів та розрахувати норму меліоранту у кожному окремому випадку (за потреби).

Теоретична частина

Фізико-хімічні властивості ґрунту характеризуються актуальною, обмінною та гідролітичною кислотністю, ємкістю вбирання катіонів, сумою ввібраних основ, складом обмінних катіонів, ступенем насичення ґрунту основами. У комплексі з агрохімічними та агрофізичними властивостями ґрунту вони впливають на поживний режим, його біологічну активність, взаємодію добрив з ґрунтом і рослинами, зумовлюють зміну врожайності та якості сільськогосподарської продукції.

Визначення потреби у вапнуванні кислих ґрунтів

Вапнування — це засіб хімічної меліорації кислих ґрунтів, який здійснюють для підвищення їх 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 карбонату кальцію (або магнію) під впливом CO_2 ґрунтового розчину перетворюється поступово в гідрокарбонат кальцію (або магнію), який дисоціює на іони.



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.

Потребу у вапнуванні ґрунту визначають також за оптимальними значеннями рН і ступеня насичення основами для сівозміни залежно від культур, при досягненні певних значень рН і ступеня насичення основами потреба у вапнуванні зникає.

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

Кислотність ґрунту зумовлюється іонами водню й алюмінію.

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 гідроксиду. Ця кислотність створюється вугільною кислотою (H_2CO_3), водорозчинними органічними кислотами, які виділяються при розкладанні органічної речовини, і гідролітично кислими солями.

Актуальна кислотність виражається величиною рН.

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 до 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.

Норму меліорантів можна розраховувати за :

- За гідролітичною кислотністю;
- За ЕКО (ємністю катіонного обміну) та вмістом водню;
- За ЕКО та ступенем насиченості основами;
- За $pH_{\text{буф}}$.

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 CH_3COONa . При дії лужного розчину на ґрунтовий комплекс витісняються іони водню 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.

Ємність катіонного обміну (ЕКО) — це характеристика ґрунту, яка показує його здатність утримувати і обмінювати катіони (позитивно заряджені іони) між ґрунтовим розчином і твердою частиною ґрунту. Вона відображає здатність ґрунту до утримання таких елементів, як калій (K^+), кальцій (Ca^{2+}), магній (Mg^{2+}), натрій (Na^+), амоній (NH_4^+) та інші катіони, які важливі для живлення рослин.

Висока ЕКО вказує на здатність ґрунту утримувати більше поживних елементів, що знижує ризик їх вимивання та забезпечує рослини необхідними елементами для росту. Низька ЕКО означає, що ґрунт має обмежену здатність утримувати поживні речовини, і це може призвести до дефіциту елементів для рослин, особливо в умовах дощів або поливу.

ЕКО вимірюється в міліеквівалентах на 100 грам ґрунту (мЕкв/100 г). Це кількість катіонів, яку ґрунт може утримувати, і вказує на його здатність до обміну поживними елементами. Перевіркою може бути те, що враховуючи певну похибку:

$$\text{ЕКО} = \text{Ca} + \text{Mg} + \text{Hr}$$

Ступінь насиченості ґрунту основами - це виражена у відсотках частина загальної обмінної його ємності, що припадає на обмінні основи. За визначеними значеннями загальної обмінної ємності ґрунту (Т), його кислотності (Hr), суми обмінних основ (S), можна легко визначити ступінь насиченості ґрунту основами (у відсотках) за пропорцією:

$$V = S * 100 / T = S * 100 / S + H_r$$

У ґрунтах, де іони водню відсутні (сіроземи, каштанові), ступінь насиченості основами становить 100 %. Чим більше в ґрунті поглинених водню та алюмінію, тим менша його насиченість основами.

Практична частина

7.1. Визначення потреби у вапнуванні та розрахунок норми меліоранта за гідролітичною кислотністю чи ЕКО та ступенем насиченості основами.

Хід роботи

1. Висновок про необхідність проведення вапнування робиться на основі комплексного аналізу стану ґрунту за трьома визначеними показниками.

2. Оптимальну норму вапнякового матеріалу, необхідного для вапнування кислих ґрунтів, встановлюють за величиною гідролітичної кислотності, кількості CaCO_3 основ у матеріалі з врахуванням чутливості культури на вапнування і гранулометричного складу ґрунту.

Повну (загальну) норму вапна (CaCO_3), в тоннах на 1 га, можна визначити за формулою: $\text{CaCO}_3 = H_c * 1,5$, (де H_c - величина гідролітичної кислотності, мг-екв на 100 г ґрунту; 1,5 - кількість вапна, необхідного для нейтралізації 1 мг-екв гідролітичної кислотності, т/га), проте вона може показати лише орієнтовну потребу меліоранта. Тому найкраще користуватись розгорнутою формулою, що включає і характеристики ґрунту, і властивості конкретного меліоранта.

Для визначення норми меліоранта можна використовувати декілька методів обрахунку:

3. Точну повну норму CaCO_3 (Н), в тонах на 1 га, обчислюють з урахуванням глибини оранки і об'ємної маси ґрунту за формулою:

$$H = \frac{0.5 \cdot H_r \cdot S \cdot h \cdot d}{1000},$$

де 0,5 - кількість CaCO₃, необхідного для нейтралізації мг-екв гідролітичної кислотності 1 кг ґрунту, г; H_r - гідролітична кислотність, мг-екв на 100 г ґрунту; S - площа 1 га, м²; 1000 – коефіцієнт для перерахунку в тонни.

Якщо маємо такі показники ґрунту як ЄКО та показники сум Ca²⁺, Mg²⁺, то можна скористатись наступним рівнянням:

$$\text{ЄКО} = \text{Ca} + \text{Mg} + H_r.$$

Варто врахувати, що значення ЄКО є орієнтовною сумою наведених показників, адже невелику частину ґрунту може бути зайнято іншими катіонами (натрій, калій тощо).

4. Розрахунок норми конкретного меліоранта ведеться за формулою:

$$M = (H \cdot 100) / ((100 - W\%) \cdot N\%), \text{ т/га.}$$

H – розрахована норма вапна; т

W% - вологість меліоранта, %

N% - нейтралізуюча здатність меліоранта, %

7.2. Розрахунок норми меліоранта за сумою увібраних основ.

1. Розраховуємо об'єм ґрунту, що підлягає обробітці. Використовуючи вихідні дані та формулу:

$$V = S \cdot d \cdot h,$$

Де V-об'єм ґрунту, м³;

S-площа поля, м².

d-щільність твердої фази ґрунту, г/см³;

h-глибина обробітки, м.

2. Обчислюємо суму катіонів, які потрібно нейтралізувати:

$$X = C_{\text{сuo}} \cdot V / 100,$$

Де X- норма меліоранта, моль;

C сuo-сума увібраних основ, моль/100 г ґрунту;

V-об'єм обробленого ґрунту, м³.

3. Розраховуємо необхідну норму внесення меліоранта.

Для подальшого розрахунку слід використати такий показник як коефіцієнт нейтралізації, (залежить від типу меліоранта), щоб врахувати здатність нейтралізувати кислотність ґрунту. Дані щодо коефіцієнтів наведені у таблиці 7.1. Розрахунок проводять за формулою:

$$N = X * M / K * 1000,$$

Де N-норма внесення меліоранта, т;
 X-кількість катіонів для нейтралізації;
 M-молекулярна маса меліоранта, моль;
 K-коефіцієнт нейтралізації;
 1000-коефіцієнт для переведення з кг у тонни.

4. При потребі за нижченаведеною формулою можемо розрахувати норму внесення меліоранта на конкретну одиницю площі:

$$N_1 = N / S,$$

Де N₁-норма внесення меліоранта на 1 га, т/га;
 N-загальна кількість меліоранта, т;
 S-площа поля, га.

Таблиця 7.1.

Коефіцієнти нейтралізації певних меліорантів

Меліорант	Формула	Коефіцієнт нейтралізації
Вапняк	CaCO ₃	1
Вапно негашене	CaO	1,7
Доломітове борошно	CaMg(CO ₃) ₂	0,9
Гашене борошно	Ca(OH) ₂	1,25
Магнезіальне вапно	MgO	1,4

7.3. Розрахунок норми меліоранта за нормативними показниками.

За нормативними показниками з урахуванням потреби CaCO₃ на зміну реакції ґрунту на 0,1 рН, використовуючи дані таблицю 7.2.

Таблиця 7.2.

**Нормативні витрати CaCO₃ для зміщення реакції ґрунту на 0,1 рН,
т/га
(Бука І.Я., Дуда Г.Г.)**

Ґрунт	Сільськогосподарські угіддя	Значення рН		Необхідне зміщення рН, Δ рН	Нормативні витрати CaCO ₃ для зміщення рН, т/га	
		фактичне	оптимальне		на 0,1 рН	на Δ рН
Піщані і супіщані	Орні землі	4,5	5,7	1,2	0,55	6,60
		4,6-5,0	5,7	0,9	0,67	6,03
		5,1-5,5	5,7	0,4	0,65	2,60
Суглинкові і глинисті	Орні землі	4,5	6,1	1,6	0,48	7,68
		4,6-5,0	6,1	1,3	0,68	8,84
		5,1-5,5	6,1	0,8	0,65	5,20

1. Норма вапна з використанням нормативів на зміщення реакції ґрунту встановлюється за формулою:

$$N_{CaCO_3} = A * (pH_{opt} - pN_{факт}) / 0,1,$$

Де N_{CaCO_3} - норма CaCO₃, т/га;

A - норматив витрат CaCO₃ для зниження кислотності на 0,1 рН, т/га;

pH_{opt} - оптимальне значення показника;

pN_{факт} - фактичне значення показника.

2. Розрахунок норми конкретного меліоранта ведеться за формулою:

$$M = (N * 100) / ((100 - W\%) * N\%), \text{ т/га},$$

Де N - розрахована норма вапна; т

W% - вологість меліоранта, %

N% - нейтралізуюча здатність меліоранта, %

Запитання для самоконтролю

1. Якими показниками характеризується кислотний стан ґрунтового розчину?

2. Чи можна при плануванні вапнування керуватись виключно значенням рН?

3. Що варто врахувати при розрахунку норми хімічного меліоранта для вапнування?

10. Лабораторна робота № 8

Визначення найпоширеніших мінеральних добрив

Мета роботи: навчитись розпізнавати добрива за зовнішнім виглядом і якісними реакціями.

Теоретична частина

Добрива розпізнають за зовнішнім виглядом, розчинністю у воді та уточнюють хімічними реакціями.

Добрива бувають: кристалічні та аморфні (порошковидні). До **кристалічних** належать всі азотні добрива (за винятком ціанаміду кальцію) і калійні (за винятком калімагу та золи). Кристалічні добрива добре розчинні у воді. **Аморфний стан** характерний для фосфорних і вапнякових добрив, а також калімагу і ціанаміду кальцію. Аморфні добрива слабозчинні у воді або зовсім нерозчинні. Таким чином, за розчинністю у воді всі мінеральні добрива можна поділити на дві групи: азотні і калійні - одна група, фосфорні і вапнякові - друга. При цьому слід запам'ятати, що добре розчинні у воді всі кристалічні добрива: селітри, сульфатні та хлоридні солі калію, амонію. Малорозчинні або зовсім нерозчинні, аморфні добрива (фосфорні, вапнякові добрива, калімаг, каїніт та ін.). Слід також мати на увазі, що частина добрив має у своєму складі нерозчинні у воді домішки .

Необхідно знати, що всі селітри спалахують на розжареному вугіллі. З них аміачна селітра згорає безколірним полум'ям (а іноді тільки плавиться, шипить) і виділяє білий дим з запахом аміаку. Натрієва селітра спалахує і швидко згорає жовто-оранжевим полум'ям. Калійна селітра спалахує і швидко згорає фіолетовим полум'ям. Аміак у азотних добривах визначають за реакцією з лугом - при цьому виділяється NH_3 і відчувається його запах. Натрієва і калієва селітри не дають цієї реакції. Сечовина ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) на розжареному вугіллі плавиться з виділенням аміаку. Калійні добрива на розжареному вугіллі потріскують. Присутність іонів у добривах визначається такими реакціями:

Таблиця 8.1

PO_4^{3-}	Жовтий осад
а) $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	Пожовтіння тільки при легкому підлогуванні
б) CaHPO_4	Пожовтіння збільшується при додаванні оцтової кислоти
в) $\text{Ca}(\text{PO})_4$	Пожовтіння при додаванні AgNO_3 . Іноді з'являється через деякий час. Жовтий осад з молібденовокислим амонієм в присутності HNO_3
NO_3^-	Спалах на вугіллі
CO_3^{2-}	Закипання при додаванні HCl
SO_4^{2-}	Білий кристалічний осад з BaCl_2 , не розчинний у оцтовій кислоті
Cl^-	Білий сирнистий осад з AgNO_3
K^+	Жовтий осад з кобальт нітритом натрію
K^+	Білий осад з кислим виннокислим натрієм
Ca^{2+}	Білий кристалічний осад з щавлевокислим амонієм у присутності аміаку
NH_4^+	Виділення аміаку при нагріванні з лугом

Реактиви та обладнання: Дистильована вода; зразки добрив; хлорид барію (BaCl_2), гідроксиду натрію (NaOH); хлоридна (HCl), ацетатна (CH_3COOH) кислоти; насичені розчини оксалату амонію (щавлевокислого амонію) ($(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$); 1%-й розчини нітрату срібла (AgNO_3); пробірки, ножі, спиртівки, фарфорові чашки, сірники, щипці, деревне вугілля.

Практична частина

Хід роботи:

А. Уважно розглянути зразок добрив, **встановити стан (будову)** добрива (аморфний, кристалічний), колір і запах.

Б. Для встановлення **розчинності добрива** у воді перенести в пробірку 2 г добрива, долити 20 мл дистильованої води. Вміст добре збовтати. Зробити висновки щодо розчинності добрива відповідно до таблиці 8.2.

Таблиця 8.2.

Групування добрив за їх розчинністю

Група	Спостереження	
1	Повністю розчинні	Вся маса розчинилась у воді
2	Помітно розчинні	Розчинилось не менше половини маси речовини
3	Малорозчинні	Розчинилось менше половини речовини
4	Нерозчинні	Маса речовини суттєво не зменшилась або ж не змінилась взагалі

1. Добриво повністю, або майже повністю, розчиняється у воді (див. п. 2).
- 2). Добриво у воді не розчиняється (див. п. 14).
2. При нагріванні суміші розчину з лугом виділяється аміак (див. п. 3). Аміак не виділяється (див. п. 8).
3. Розчин добрива з нітратом срібла утворює нерозчинний у HNO_3 осад (див. п. 4). Осад не утворюється, хоч розчин стає каламутним (див. п. 6).
4. Колір осаду після додавання AgNO_3 білий (див. п. 5). Колір осаду жовтий - амофос – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, діамофос - $(\text{NH})_2\text{HPO}_4$.
5. Сухе добриво білого або жовтуватого кольору, на розжареному вугіллі не тріщить, виділяє білий дим з запахом аміаку і хлоридної кислоти - хлорид амоній - NH_4Cl .
6. Розчин добрива з BaCl_2 утворює білий осад, нерозчинний у кислотах (див. п.7). Осад не утворюється (розчин може помутніти). Добриво на розжареному вугіллі плавиться, кипить, дає білий дим і запах аміаку - аміачна селітра - NH_4NO_3 .
7. Сухе добриво на розжареному вугіллі плавиться, або ж спалахує Нітрат-сульфат амонію - $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Добриво на розжареному вугіллі не плавиться і не спалахує, але дає запах аміаку - сульфат амонію – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
8. Розчин добрива з AgNO_3 утворює білий осад нерозчинний у HNO_3 (див. п. 9). Осад не утворюється, хоч може дати каламуть (див. п. 11).
9. Добриво крупнокристалічне світло-рожевого кольору, з домішками червоних кристалів - сільвініт - $m\text{KCl} \cdot n\text{NaCl}$. Добриво дрібнокристалічне (див. п. 10).
10. Кристали білого кольору, добриво сухе - калій хлорид - KCl . Кристали бруднуваті, зволожені, нагадують неочищену кухонну сіль - калійна сіль - $\text{KCl} + (m\text{KCl} \cdot n\text{NaCl})$.
11. Розчин добрива з щавлевокислим амонієм $(\text{NH})_2\text{C}_2\text{O}_4$ утворює білий осад, на розжареному вугіллі добриво плавиться, згорає, залишаючи білий наліт - кальцієва селітра - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Осад не утворюється, хоч розчин може бути каламутним (див. п. 12).
12. Сухе добриво, нагріте на кінчику ножа, або насипане на розжарене вугілля, дає різкий запах аміаку - сечовина - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Аміак не виділяється (див. п.13).
13. Кристали добрива крупні, зволожені, на розжареному вугіллі спалахують і з шипінням горять жовтим полум'ям - натрієва селітра - NaNO_3 . Кристали дрібні, сухі, на розжареному вугіллі спалахують і з шипінням горять фіолетовим полум'ям - калійна селітра - KNO_3 . Кристали

дрібні, сухі, не горять, водний розчин з BaCl_2 дає білий осад, нерозчинний у кислотах - сульфат калію - K_2SO_4 . Добриво на відміну від сульфату калію у воді повністю не розчиняється. Розчин містить домішки хлору, які визначають при взаємодії з AgNO_3 – калімагнезія - $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Добриво розчиняється у воді краще за калімагнезію, дає з BaCl_2 реакцію на іон SO_4 , а з AgNO_3 утворює велику кількість осаду AgCl -- каїніт - $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

14. При додаванні HCl добриво закипає і піниться (див. п. 15). Добриво не закипає і не піниться, або ж дуже кволо кипить (див. п. 16).

15. Добриво має вигляд білого або бруднуватого порошку - вапняк CaCO_3 , або мергель. Добриво має вигляд світло-сірого пилюватого порошку з кусочками вугілля - попіл.

16. Колір сухого добрива білий (див. п. 17). Добриво іншого кольору (див. п. 18).

17. При додаванні AgNO_3 до розчину добрива верхній шар осаду жовтіє - преципітат $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Верхній шар осаду не жовтіє - гіпс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

І 8. Добриво світло-сірого або сірого кольору (див. п. 19). Добриво іншого кольору (див. п. 22).

19. Реакція добрива кисла (проба з лакмусовим папером) – суперфосфат -- $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, або гранульований суперфосфат, що має вигляд гранул діаметром 1-4 мм. Реакція добрива не кисла (див. п. 20).

20. Добриво на розжареному вугіллі темніє і виділяє запах палених кісток - кісткове борошно – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ + домішки.

21. Добриво блакитнувато-сірого кольору, тонко розмелене, погано змочується, схоже на товчене скло - апатитовий концентрат - $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{F,Cl})_2$ + домішки. Добриво має вигляд сірувато-коричневого, землистого, грубо розмеленого порошку – фосфоритне борошно – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ + домішки.

22. Добриво майже чорного кольору, важкий порошок – томасшлак $\text{Ca}_4 \text{P}_2\text{O}_9 + \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + \text{CaSiO}_3$. Добриво темно-сірого кольору, складається з окремих грудочок. Його водна витяжка з BaCl_2 , дає білий осад і з AgNO_3 утворює помутніння - калімаг - $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ + домішки.

Таблиця 8.3

Номер зразка	Наявність запаху	Розчинність у воді	Форма часточок добрива	Колір	Спостереження

Запитання для самоконтролю:

1. На яких ґрунтах і під які культури найбільш ефективно використання калійних добрив?
2. У чому перевага комплексних добрив?
3. Як класифікують азотні добрива?

11. Лабораторна робота № 9

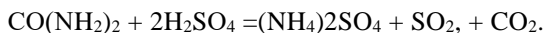
Визначення вмісту азоту в карбаміді

Мета роботи: ознайомитись із методикою визначення вмісту азоту в сечовині. Перевірити якість доступних зразків добрив.

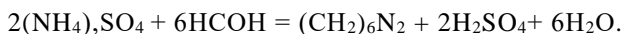
Теоретична частина

Карбамід (також відомий як **сечовина**) — це хімічна сполука, яка має формулу $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. Це одне з найбільш поширених азотних добрив, що містить 46% азоту в амідній формі. Проте, з роками у карбаміді може зменшуватися кількість амідного азоту. Це може статися через процеси гідролізу, які відбуваються при зберіганні карбаміду в умовах високої вологості або за підвищених температур. У результаті гідролізу карбаміду (уреїну) утворюється аміак (NH_3) та вуглекислий газ (CO_2), що призводить до зменшення кількості амідного азоту в добриві. Це може знижувати ефективність карбаміду як джерела азоту для рослин, оскільки аміак, що утворюється, може випаровуватися, особливо за умов високої температури та вологості. Тому важливо правильно зберігати карбамід у сухих і прохолодних умовах, щоб мінімізувати втрати азоту.

Принцип методу базується на перетворенні амідного азоту сечовини за допомогою сульфатної кислоти в сульфат амонію:



При взаємодії з формаліном в нейтральному середовищі сульфат амонію утворює гексаметилентетрамін і виділяє сульфатну кислоту, кількість якої еквівалентна вмісту азоту в добриві:



Кількість сульфатної кислоти, що при цьому утворюється, визначають, титруючи її лугом.

Реактиви та обладнання. 0,5 М розчини H_2SO_4 та NaOH, 1М NaOH; індикатор метиловий червоний, змішаний (100 мл 0,03% розчину метилового червоного в 70%-му етанолі (етиловому спирті)) з 15 мл 0,1% розчину метиленового голубого у воді; 25% формальдегід; дистильована вода, карбамід; конічні колби на 100, 150 і 250 мл; піпетки; бюретки; терези.

Практична частина

1. Взяти 1 г добрива і помістити в колбу на 250 мл, додати 5 мл 0,5 М H_2SO_4 . Нагріти до припинення інтенсивного виділення CO_2 і прокип'ятити до зникнення білих парів SO_2 та охолодити колбу.

2. Після охолодження в колбу прилити 50 мл дистильованої води і додати 1-2 краплі індикатора метилового червоного. Нейтралізувати H_2SO_4 в колбі 0,5н розчином NaOH до переходу оранжевого кольору в жовтий.

3. До нейтрального розчину додати 40 мл нейтралізованого 25% формаліну та 5 крапель змішаного індикатора. Рідина у колбі набуде рожевого кольору, що вказує на утворення H_2SO_4 кількість якої визначити титруючи 1М розчином NaOH.

4. Обчислити вміст азоту в карбаміді за формулою:

$$N = (a \cdot T \cdot 0,03003 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 0,4664) / (m \cdot (100 - y));$$

де a — кількість мл 1М NaOH, що пішла на титруванні;

T — поправка до титру луку;

0,03003 — кількість грамів $CO(NH_2)_2$ що відповідає 1 мл 1 М NaOH;

100 — коефіцієнт для вираження результатів у відсотках;

$100 / (100 - y)$ - для переведення наважки добрива в обезводнену масу,

де y — вологість добрива;

0,4664 — коефіцієнт для перерахунку на азот;

m - наважка добрива, г.

Запитання для самоконтролю

1. В якій формі перебуває азот в карбаміді?
2. Який загальний принцип методики визначення амідного азоту в сечовині?
3. Для чого в методиці використовується луг?

12. Лабораторна робота № 10

Визначення калію в мінеральних добривах кобальт-нітритним методом

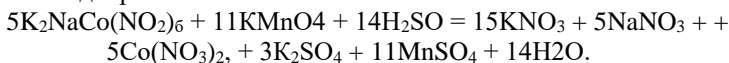
Мета роботи: ознайомитись із методикою титриметричного визначення калію в мінеральних добривах.

Теоретична частина

Принцип методу базується на осадженні калію з розчину калійного добрива гексанітрокобальтатом (кобальтнітритом) натрію. При дотриманні відповідної температури і концентрації реакція закінчується з випаданням осаду солі $K_2NaCo(NO_2)_6$ жовтого кольору:



Осад відмивають від домішок і розчиняють 0,1 М розчином перманганату калію $KMnO_4$ в присутності сульфатної кислоти. За кількістю витраченого на розчинення осаду перманганату визначають вміст калію в добриві:



За реакцією 11 грам-молекул $KMnO_4$ (1738,44 г) взаємодіють з 5 грам-молекулами $K_2NaCo(NO_2)_6$ (391 г калію). Звідси в 1 мл 0,1 М розчину перманганату калію, взятого для розчинення осаду, міститься 0,00316 г $KMnO_4$, що відповідає 0,000856 г K_2O .

Отже, 1 мл 0,1 М $KMnO_4$ розчиняє таку кількість осаду, яка відповідає 0,000856 г K_2O .

Реактиви та обладнання. Гексанітрокобальтат натрію, 10% розчин CH_3COOH ; 2,5% розчин Na_2SO_4 ; 0,1 М розчин $KMnO_4$, сульфатна кислота (1:7); 0,1 М розчин оксалатної (щавлевої кислоти); конічні колби на 250—300 і 500 мл; мірна колба на 500 мл; фарфорові чашки; мірні циліндри на 100 і 10 мл; скляні палички; фільтрувальний папір; лійки; калійні добрива; дистильована вода, терези.

Практична частина

1. 10 г сирих, або 5 г концентрованих калійних добрив перенести у конічну колбу на 250-300 мл, додати 100 мл дистильованої води і збовтувати до повного розчинення.

2. В мірну колбу на 500 мл перенести кількісно розчин, довести до мітки, добре перемішати і в разі потреби відфільтрувати його частину.

3. Відібрати у фарфорову чашку 10 мл фільтрату, нагріти на водяній бані до 80-90 °С, додати 10 мл $Na_3Co(NO_2)_6$ і випарити до густої консистенції, періодично перемішувати скляною паличкою, охолодити.

4. Після охолодження в чашку додати 3 мл 10%ї ацетатної кислоти (CH_3COOH) та перемішати скляною паличкою. Потім прилити 10 мл дистильованої води, перемішати і все перенести на пористий скляний або азбестовий фільтр.

5. Осад на фільтрі промити 2,5% розчином сульфату натрію до знебарвлення фільтрату, а потім ще 3-4 рази промити 5-10 мл холодної дистильованої води (для вимивання сульфату натрію).

6. Під час промивання осаду в конічну колбу на 500 мл взяти 100 мл 0,1 М розчину перманганату калію та 100-150 мл дистильованої води і нагріти на водяній бані до 80°C .

7. Промитий фільтр з осадом опустити в колбу з перманганатом, і помішуючи паличкою, додати 7-10 мл розведеної сульфатної кислоти (при співвідношенні 1:7) та продовжувати нагрівати на водяній бані до розчинення жовтого осаду. Якщо при цьому розчин знебарвлюється, додати ще 10-20 мл 0,1 н KMnO_4 та продовжити нагрівання до повного зникнення жовтого осаду.

8. Для знебарвлення перманганату калію додати в колбу з бюретки 0,1 М щавлевої кислоти, а потім залишок її відтитрувати 0,1 М розчином перманганату калію до слабо-рожевого кольору.

9. Обчислити вміст K_2O в добриві за формулою:

$$\text{K}_2\text{O} = ((a - b) \cdot 0.000856 \cdot 100)/m$$

де K_2O - кількість K_2O в добриві, %;

a - витрачено перманганату калію при аналізі, мл;

b - кількість мл оксалатної (щавлевої) кислоти, витраченої на знебарвлення розчину;

0,000856 — кількість грамів K_2O , що відповідають 1 мл 0,1 М перманганату калію;

100-для перерахунку результатів у відсотки

m -наважка добрива, що відповідає 10 мл фільтрату (для 10 $\varepsilon=0,2\varepsilon/5\varepsilon=0,1\varepsilon$).

Запитання для самоконтролю

1. Яку роль в аналізі виконує перманганат калію?
2. Чи можна для подібного визначення використовувати класичні полуменево-фотометричні методики?
3. Які добрива можна аналізувати вказаним чином?

13. Лабораторна робота № 11

Визначення вмісту сполук фосфору в мінеральних добривах

Мета роботи: дослідити фракційний склад фосфору у мінеральному добриві. Зробити висновки щодо якості пропонованих зразків добрив.

Теоретична частина

Вміст фосфору в фосфорних добривах визначають у два етапи:

1. вилучення сполук фосфору з добрив;
2. кількісне визначення фосфору у витяжках.

Таблиця 11.1

Методи вилучення сполук фосфору

Форма фосфору	Метод вилучення
Загальний фосфор	Розчином соляної (азотної) кислоти
	Сумішшю соляної та азотної кислот
Фосфор, що засвоюється	Реактивом Петермана
	Розчином лимонної кислоти
	Розчином Трилону - Б
	Розчином соляної кислоти
	Розчином метанової (мурашиної) кислоти
Водорозчинні сполуки фосфору і вільної фосфорної кислоти	Водою

А. Вилучення загального фосфору

Суть методу полягає у розчиненні сполук фосфору концентрованими розчинами соляної або азотної кислоти при нагріванні.

Реактиви і обладнання: 20 - % розчин хлоридної кислоти або розбавлений розчин азотної кислоти (1:2); колба конічна на 300 мл, мірна колба на 250 мл, мірний циліндр на 50 мл, лійка, плитка, скляна паличка.

Хід роботи

1. 2-2,5 г добрива, зважують з похибкою 0,001 г, кількісно переносять у конічну колбу місткістю 300 мл, змочують 5-10 мл води, доливають 50 мл 20%-го розчину хлоридної або розбавленої азотної кислоти (1:2). У колбу вставляють лійку, яка відіграє роль зворотного холодильника, і нагрівають спочатку повільно, а потім доводять до кипіння і помірно кип'ятять 30 хв, помішуючи періодично скляною паличкою.

2. Після кип'ятіння розчин розбавляють водою в два рази і кількісно переносять разом з осадом у мірну колбу місткістю 250 мл, змиваючи осад зі стінок склянки водою.

3. Після охолодження до кімнатної температури об'єм розчину доводять водою до риски, перемішують, фільтрують, відкидаючи перші порції фільтрату. В отриманому розчині визначають вміст фосфору.

В. Вилучення сполук фосфору, що засвоюються розчином лимонної кислоти

Суть методу ґрунтується на вилученні лимонно-розчинних сполук фосфору з добрив лимонною кислотою.

Реактиви і обладнання: 2%-й розчин лимонної кислоти, мірна колба на 250 мл, мірний циліндр на 25 мл, 200 мл, лійка, фільтр, фарфорова ступка, ротатор.

Хід роботи

1. 1 г добрива (якщо вміст P_2O_5 більший ніж 25 %) або 2 г добрива (якщо вміст P_2O_5 менший ніж 25 %), зваженого з похибкою 0,001 г, кількісно переносять у фарфорову ступку, розтирають товчачиком до порошкоподібного стану, наливають 25 мл 2%-го розчину лимонної кислоти і знову розтирають.

2. Рідину, декантуючи, переносять у мірну колбу місткістю 250 мл. Осад у ступці розтирають з 25 мл 2 %-го розчину лимонної кислоти ще двічі. Після цього осад кількісно переносять у колбу за допомогою лимонної кислоти. Всього треба 200 мл 2 %-го розчину лимонної кислоти. Лимонна кислота не повинна нейтралізуватися кальцієм добрив. У разі нейтралізації лимонної кислоти кальцієм добрив її приливають додатково певну кількість.

3. Колбу закривають пробкою і збовтують протягом 30 хв. Об'єм доводять водою до 250 мл, перемішують і фільтрують, відкидаючи перші порції фільтрату. У фільтраті визначають вміст сполук фосфору, які засвоюються.

С. Вилучення сполук фосфору, що засвоюються розчином сірчаної кислоти

Суть методу ґрунтується на вилученні сполук фосфору 0,05 н. розчином сірчаної кислоти з добрив.

Реактиви і обладнання: 0,05 н. розчин сірчаної кислоти, мірна колба на 250 мл, мірний циліндр на 100 мл, ротатор.

Хід роботи

1. 1 г добрива (якщо вміст P_2O_5 більший ніж 25 %) або 2,5 г (якщо вміст P_2O_5 менший ніж 25 %), зваженого з похибкою 0,001 г, кількісно переносять у мірну колбу місткістю 250 мл і наливають 100 мл 0,05 н. розчину H_2SO_4 .

2. Колбу закривають пробкою і збовтують на механічній мішалці 30 хв. Доводять об'єм водою до риски, перемішують, фільтрують відкидаючи перші порції фільтрату. У фільтраті визначають вміст сполук фосфору, що можуть засвоюватися.

D. Вилучення водорозчинних сполук фосфору і вільної фосфорної кислоти

Суть методу ґрунтується на вилученні водою водорозчинних сполук фосфору і вільної фосфорної кислоти з фосфорних добрив.

Реактиви і обладнання: мірна колба на 500 мл, мірний циліндр на 200 мл, лійка, фільтр, ротатор.

Хід роботи

1. 4-5 г добрива, зваженого з похибкою 0,001 г, переносять кількісно в мірну колбу місткістю 500 мл, приливають 400 мл води, збовтують протягом 30 хв. Об'єм розчину доводять водою до риски, перемішують, фільтрують, відкидаючи перші порції фільтрату. У фільтраті визначають вміст водорозчинних фосфатів і вільної фосфорної кислоти.

2. Після отримання витяжки кількісно фосфор визначають ваговим, магnezіальним, диференційним або фотометричним методом по Труогу-Мейеру.

F. Гравіметричний (магnezіальний) метод визначення вмісту фосфору

Метод застосовують для визначення водорозчинних; сполук, що засвоюються та загального вмісту фосфору у витяжках.

Суть методу. Фосфор осаджують лужною магnezіальною сумішшю у вигляді фосфату магнію-амонію. Для того, щоб в лужному середовищі не осаджувалися гідроксиди заліза, алюмінію, в розчин приливають цитратну суміш.

Осад фосфату магнію-амонію промивають і прожарюють. При прожарюванні утворюється пірофосфат магнію.

За масою пірофосфату магнію, який утворюється, визначають вміст P_2O_5 у добриві; $Mg_2P_2O_7$ містить 63,79 % P_2O_5 .

Реактиви і обладнання: магnezіальна лужна суміш (70 г NH_4C і 55 г $MgCl_2$ розчиняють у 200-250 мл 10%-го водного розчину аміаку, доводять водою до риски в колбі місткістю 1 л, перемішують, залишають стояти на добу і фільтрують); розчин цитрату амонію (500 г лимонної кислоти обережно розчиняють у 600 мл 25 %-го водного розчину аміаку. Розчин має бути нейтральним. Після розчинення й охолодження розчин переносять у мірну колбу місткістю 1 л, доводять водою до риски, перемішують і фільтрують); 20%-й розчин соляної кислоти; 25%-й, 10%-й, 2,5%-й розчини аміаку; концентрована азотна кислота, фенолфталеїн, муфельна піч; фарфоровий тигель, стакан на 250 мл, мірний циліндр на

250 мл, піпетка градуйована, бюретка, ротатор, лійка, фільтр (синя стрічка).

Хід роботи

1. При визначенні *водорозчинних і сполук фосфору*, які засвоюються вилучених розчином Петермана, лимонної і сірчаної кислот, розчином трилону Б, 25 - 50мл розчину переносять у стакан місткістю 250 мл, доливають 20 мл 20 % розчину HCl і кип'ячать 15-20 хв, щоб запобігти ретроградації.

2. *Розчини, які містять загальний фосфор*, не кип'ячать, їх розбавляють водою приблизно до 50 мл, приливають 10 мл розчину цитрату амонію, додають 1-2 краплі фенолфталеїну і нейтралізують 10%-м розчином аміаку до появи рожевого забарвлення. При помішуванні розчину скляною паличкою з гумовим наконечником повільно приливають 35 мл лужної магнезійної суміші і через 10-15 хв додають 20 мл 25 %-го розчину аміаку.

Одночасно проводять контрольний дослід в аналогічних умовах, але без добрива.

3. Розчини перемішують протягом 30 хв, потім залишають відстоюватися 30-40 хв, фільтрують крізь складчастий беззольний фільтр ("синя стрічка") діаметром 9-11 см. Замість того, щоб перемішувати розчин, його можна залишити відстоюватися протягом 4 год, але не більш як 18 год.

4. За допомогою скляної палички і 2,5 %-го розчину аміаку відокремлюють кристали осаду, які прилипли до склянки, і кількісно переносять на фільтр. Осад на фільтрі 3-4 рази промивають 2,5 %-м розчином аміаку. Загальна кількість промивних вод має становити 100-125 мл

5. Фільтр з осадом трохи підсушують і переносять у прожарений до сталої маси фарфоровий тигель. Потім озолують, спочатку на електричній плитці, а потім у муфельній печі. Прожарюють тигель з осадом у муфельній печі до сталої маси при 1000-1050°C. Якщо осад має темний колір, то в тигель додають 2-4 краплі концентрованої HNO₃, підсушують і знову прожарюють до сталої маси. Після охолодження тигля в ексікаторі його зважують на аналітичних терезах.

Вміст фосфору в добриві для перерахунку на P₂O₅, в відсотках, обчислюють за формулою

$$P_2O_5 = \frac{(m - m_1) \cdot V \cdot 0.638 \cdot 100}{V_1 \cdot m_2},$$

де m - маса осаду досліджуваної проби, г;

m_1 - маса осаду контрольної проби, г;

m_2 - маса наважки добрива, г;

V - загальний об'єм розчину, мл;

V_1 - об'єм досліджуваного розчину, мл;

0,638 - коефіцієнт для перерахунку $Mg_2P_2O_7$ на P_2O_5 .

Запитання для самоконтролю:

1. Наведіть методи вилучення загального фосфору з добрив?
2. Наведіть методи вилучення водорозчинного фосфору з добрив?
3. Наведіть методи вилучення фосфору, що засвоюється з добрив?

14. Лабораторна робота № 12

Визначення рухомих форм заліза за допомогою роданіду калію (або амонію) в торфі

Мета роботи: освоїти та практично випробувати методику визначення форм заліза в органогенних ґрунтах

Теоретична частина

Суть методу полягає у вилученні рухомих сполук дво- та трьохвалентного заліза з торфу та торфової продукції розчином хлоридної кислоти концентрацією 0,2 моль/мл за наступним визначенням у витяжці заліза на фотоелектроколориметрі за допомогою роданіду калію (амонію).

Реактиви і обладнання: сульфатна кислота, 0,2 н HCl концентрації 0,2 моль/мл, калій роданистий 10 %, HNO_3 – конц., калій марганцевокислий 0,3%, сіль Мора, *основний зразковий розчин А солі Мора* (наважку 0,7022 ±0,0002 г солі Мора розчинити в 500 мл води в мірній колбі на 1000 мл, прилити 1 мл концентрованої сірчаної кислоти та перевести закисну форму заліза в окисну додаванням розчину марганцевокислого калію (до слабо – рожевого забарвлення від додавання однієї краплини), далі долити дистильованою водою до мітки. Розчин містить 0,1 мг заліза в 1 мл (або 0,143 мг Fe_2O_3)); *робочий зразковий розчин Б солі Мора* (з основного зразкового розчину А відібрати 100 мл та розвести дистильованою водою в мірній колбі на 1000 мл. В 1 мл розчину міститься 0,01 мг заліза); ваги аналітичні; ФЕК; ротатор; мірні колби на 1000 мл – 2шт, 100 мл-12 шт; колби конічні на 500 мл; мірний циліндр на 250 мл; бюретка; градуйована піпетка-5 мл, фільтр; лійка;

Практична частина

1. Наважку масою (5,00±0,01) г торфу переносять в колбу на 500 мл, приливають 250 мл розчину 0,2 н HCl, перемішують та настоюють 18 – 20 год або перемішують 1 год на ротаторі.

2. Суспензію відфільтровують через беззольний фільтр, відбирають 1 – 5 мл фільтрату, переносять в мірну колбу на 100 мл, додають 5 мл азотної кислоти, перемішують та по краплям додають розчин 0,3 % марганцевокислого калію до утворення слабо – рожевого забарвлення.

3. Розчин розводять дистильованою водою до 80 – 90 мл, додають 5 мл роданистого калію, доливають дистильованою водою до мітки, перемішують та визначають оптичну густану на ФЕК з синім світлофільтром при довжині хвилі 400 – 440 нм в кюветах товщиною 10 – 20 мл, використовуючи в якості еталона порівняння кювету з контрольним розчином.

4. Для побудови калібрувального графіка в мірні колби на 100 мл приливають 1; 2; 4; 8; 16; 24 та 32 мл робочого розчину Б, доливають дистильованою водою до 80 мл, приливають по 5 мл азотної кислоти та 5 мл роданистого калію, доводять дистильованою водою до мітки, перемішують. Еталоні розчини містять – 0,01; 0,02; 0,04; 0,08; 0,16; 0,24 та 0,32 мг заліза в 100 мл, відповідно. Колориметрування проводять (див. п.1) після перемішування та закінчують протягом через 15 – 30 хв. При отриманні інтенсивного забарвлення досліджуваного розчину визначення заліза необхідно повторити, але попередньо розвести його у 2 – 5 разів.

5. Масу рухомих форм заліза в перерахунку на оксид заліза в мг на 100 г торфу при натуральній вологості визначають за формулою

$$X = \frac{m \cdot 250 \cdot K \cdot 1.43 \cdot 100}{V \cdot m_1},$$

де m – кількість заліза знайдена за калібрувальним графіком, мл;
250 – об'єм розчину соляної кислоти (0,2 н), що приливається до досліджуваної наважки, мг;

K – поправка на розведення;

1,43 – коефіцієнт переводу вмісту Fe в Fe₂O₃;

V – об'єм витяжки, взятий для визначення, мл;

m_1 – маса наважки торфу, г.

Масу рухомих форм заліза в перерахунку на суху речовину визначають за формулою:

$$X_1 = \frac{X - 100}{100 - W},$$

де W – масова частка води в торфі, %.

Запитання для самоконтролю

1. Яка загальна хімічна суть методу визначення рухомих форм заліза в органогенних ґрунтах.
2. Як відбувається вилучення рухомих форм заліза з торфу?
3. Як проводиться калібрування ФЕК перед проведенням визначень?

15. Лабораторна робота № 13

Визначення цукру об'ємним методом за Бертраном

Мета роботи: оволодіти титриметричною методикою визначення вмісту інвертного цукру в плодах. Оцінити цукристість плодів.

Теоретична частина

Принцип методу базується на екстрагуванні цукрів з рослин гарячою водою, що носить назву дигестії. Екстрагують редуковані цукри — глюкозу і фруктозу і одержані гідролізом сахарози, що носить назву інверсії (коли вона при нагріванні в присутності хлоридної кислоти розкладається на глюкозу і фруктозу). Одержана суміш глюкози і фруктози носить назву інвертного цукру, вміст якого визначають за здатністю цукрів відновлювати в лужному середовищі оксид міді (II) в оксид міді (I). При взаємодії розчину глюкози і фруктози з фелінговою рідиною випадає осад оксиду міді (I), кількість якого відповідає кількості цукру в розчині. В присутності сульфатної кислоти осад розчиняють сульфатом заліза (III), який при цьому окислює Cu^{2+} і відновлюється в сульфат заліза (II), що кількісно взаємодіє з перманганатом калію. За кількістю витраченого на титрування 0,1 М розчину перманганату калію визначають вміст цукру в розчині.

Реактиви і обладнання. 1%-ий розчин HCl; сода або 10% розчин NaOH; метилоранж або метилрот; нейтральний розчин ацетату свинцю приготовлений таким способом: (300 г $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ розтерти з 50 г PbO додаючи 100 мл води, витримати на кип'ячій водяній бані при закритій фарфоровій чашці щоб жовта маса стала білого або рожево-білого кольору. Після цього додати 950 мл гарячої води і перенести в колбу на 1,5-2 л, закрити щільно корком і залишити до освітлення розчину, потім відфільтрувати і зберігати в закритому посуді); Розчин сульфату міді (40г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ розчинити в одному літрі води, відфільтрувати); розчин сегнетової солі (20 г $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ розчинити в дистильованій воді, додати 150 г KOH або NaOH, об'єм довести до 1 л і відфільтрувати); гаряча дистильована вода; 10% розчин BaCl_2 ; розчин сульфату заліза (III) (50г $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ розчинити в дистильованій воді, додати краплями 108,7 мл H_2SO_4 (густина 1,84) і довести об'єм до одного літра. 0,1 М розчин KMnO_4 , кухонна тертка; кристалізатор або тарілка; скляна паличка; фарфорова чашка; колби конічні на 150 і 250 мл; мірна колба на 100 мл; водяна баня; циліндри на 10 і 25 мл; лійки; фільтри; бюретка; терези.

Практична частина

1. Подрібнити овочі, плоди та іншу рослинну продукцію на кухонній тертці або ножицями, і розподілити в кристалізаторі або тарілці.

2. Відібрати і зважити на терезах в фарфоровій чашці 10 г подрібною речовини з точністю до 0,01 г.

3. Наважку кількісно перенести за допомогою 50 мл 1% HCl в мірну колбу на 100 мл з широким горлом, прокип'ятити 3 хв.

Після охолодження соляну кислоту нейтралізувати содою або 10% NaOH до жовтуватого кольору в присутності метилоранжу або метилроту.

4. Прилити в колбу 7 мл ацетату свинцю для осадження білків, довести вміст дистильованою водою до мітки, старанно перемішати і відфільтрувати.

5. З одержаного фільтрату відібрати піпеткою 5 мл і перенести в конічну колбу на 150-200 мл. Додати 20 мл розчину CuSO_4 та 20 мл розчину сегнетової солі, поставити на 30 хв. на водяну баню з $t = 80^\circ\text{C}$. При цьому випадає червоний осад Cu_2O . Дати розчину відстоятися протягом 2-3 хв.

6. Відмити гарячою водою осад шляхом декантації, не переносячи на фільтр. Щоб осад не окислювався, його весь час слід тримати під водою. Відмивання осаду буде закінчено, якщо вода буде зовсім прозорою і не даватиме реакції на аніони SO_4 з 10% розчином BaCl_2 .

7. Після закінчення відмивання в колбу з осадом додати 5-20 мл $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ до повного його розчинення. Після розчинення червоного осаду розчин профільтрувати в чисту колбу через той же фільтр (що використовували в пункті 6), на який зливалися промивні води при декантації. В результаті цієї операції в розчин перейде і та кількість міді, що залишилися на фільтрі. Колбу і фільтр кілька разів промити гарячою дистильованою водою.

8. Після закінчення промивання теплий розчин відтитрувати 0,1 М розчином перманганату калію до блідо-рожевого кольору, що не зникає протягом хвилини і обчислити масу міді. Час на визначення цукру з моменту додавання реактивів і до кінця титрування не повинен перевищувати 12-15 хвилин, а результати титрування паралельних проб не повинні різнитися більше як на 0,1 мл.

*Варто врахувати, що оскільки при визначенні цукрів методом Бертрана використовується саме 0,1М розчин KMnO_4 , який містить в 1 мл 3,16 KMnO_4 , то 1 мл 0,1М KMnO_4 відповідає $2,01 * 3,16 = 6,36$ мг Cu . Тому кількість мл 0,1М KMnO_4 витрачених на титрування. Необхідно помножити на 6,36. Одержаний добуток – це маса міді в мг, що відповідає вмісту цукрів.

$$A = T * 6,36,$$

Де А- кількість міді, мг;

Т-кількість мл 0,1М KMnO_4 витрачених на титрування;

6,36-вміст міді в 1 мл 0,1 М KMnO_4 .

9. Користуючись таблицею Бертрана за масою міді відшукати відповідну масу інвертного цукру в мг (**b**) і обчислити в відсотках до взятої наважки. (повна таблиця у роздатковому матеріалі).

Таблиця 15.1

Таблиця Бертрана (фрагмент)

<i>Мідь a</i>	<i>Цукор в</i>	<i>Мідь a</i>	<i>Цукор в</i>	<i>Мідь a</i>	<i>Цукор в</i>
20,6	10	77,7	40	132,4	72
24,6	12	81,2	42	135,6	74
28,5	14	84,8	44	138,9	76

10. Вираховуємо вміст цукру в обрахованому нами показнику А за пропорцією:

$$\frac{a}{A} = \frac{b}{X}$$

Де а-наближене до А значення показника міді з таблиці;
в-значення цукру, що відповідає а,

X-невідоме, а саме кількість цукру, що знаходиться в 500 г речовини.

11. Обрахуємо відсоткове значення вмісту цукру у даній кількості речовини за пропорцією:

$$Y = X \cdot 100 / 500, \%$$

Запитання для самоконтролю

1. Чим запропонована методика відрізняється від класичного поляриметричного визначення?
2. Які типи цукрів можна визначати таким методом?
3. Які основні хімічні реакції відбуваються при проведенні аналізу?

16. Лабораторна робота № 14

Визначення кислотного числа олії

Мета роботи: оволодіти методами екстракції олії та її виділення пресуванням. Навчитись визначати вміст олії в насінні соняшнику та її кислотне число.

Теоретична частина

Жири є складними ефірами трьохатомного спирту гліцерину і жирних кислот (пальмітинової, міристинової, олеїнової, лінолевої та ін. Жири здатні розчинятися в ефірах, бензині, ацетоні, хлороформі та інших

органічних розчинниках. На цій властивості і ґрунтуються методи їх кількісного визначення.

Принцип методу базується на екстрагуванні жиру органічними розчинниками. Найчастіше використовують діетиловий ефір, який кипить при температурі 35 °С. При обробці рослинного матеріалу ефір екстрагує не лише жир, але й ряд інших речовин (жирні кислоти, ефірні масла, стеарини, фосфатиди, віск, барвники, дубильні та інші речовини). Екстраговані ефірам жири називаються "сирими". Визначення чистого жиру потребує додаткових маніпуляцій і затрат на його виділення. Метод знежиреного залишку застосовується при масових дослідженнях вмісту жиру.

14.1. Метод екстракції олії діетиловим ефіром

Прилади та реактиви: сито лабораторне 1 мм, лабораторні ваги з похибкою зважування 0,01 г; млин лабораторний або електромлин типу ЕМ-2; шафа сушильна; колби скляні лабораторні; піпетка автоматична; колби конічні для титрування; бюретки місткістю 25 см³ з розподілами 0,1 см³ або місткістю 2-5 см³ з розподілами 0,01 см³; циліндри мірні місткістю 50 см³; баня водяна; калій їдкий ч. д. а., 0,1 н. водяний розчин; натрію гідроксид 0,1 н. водяний розчин; спирт етиловий технічний; ефір діетиловий (сірчаний); фенолфталеїн 1%-ний спиртовий розчин; коркові пробки; папір фільтрувальний.

Хід визначення

1. Наважку попередньо розмеленого та просіяного крізь сито з отворами 1 мм насіння, масою 10 г поміщають у колбу та заливають 50 см³ діетилового ефіру. Колбу закривають корковою пробкою і витримують протягом 2 годин при кімнатній температурі, періодично струшуючи. Після закінчення 2 години суміш фільтрують.

2. Автоматичною піпеткою відбирають по 25 см³ фільтрату в дві конічні колби для титрування і додають по 5 см³ етилового спирту, попередньо нейтралізованого 0,1н розчином луґу у присутності фенолфталеїну. Суміш титрують 0,1н розчином гідроксиду натрію в присутності фенолфталеїну (три-п'ять крапель 1%-ного розчину) до слабо-рожевого забарвлення.

3. Одночасно відбирають ще 25 см³ фільтрату в дві попередньо висушені і зважені до сотих часток грама колби, відганяють ефір під тягою на водяній бані і висушують олію в сушильній шафі при температурі 90-95 °С до постійної маси. Потім колбу з висушеною олією зважують до сотих часток грама і визначають масу олії в 25 см³ фільтрату, взятого для титрування, по різниці маси колби з висушеною олією і порожньої колби.

14.2. Метод виділення олії з насіння соняшнику за допомогою гідравлічного преса

Обладнання та реактиви: лабораторні ваги з похибкою зважування не більше 0,1 г; прес гідравлічний лабораторний пристосування для віджиму

олії; колби для титрування з міткою на 5,4 см³ або колби скляні лабораторні, місткістю 250 см³; бюретки місткістю 25 см³ з розподілами 0,1 см³ або місткістю 2-5 см³ з розподілами 0,01 см³; сіль кухонна харчова, насичений нейтральний розчин. Насичений розчин кухонної солі готують із розрахунку 35 г кухонної солі на 100 см³ дистильованої води. Приготовлений розчин профільтровують через вату і нейтралізують розчином лугу в присутності фенолфталеїну до рожевого забарвлення; фенолфталеїн 1%-ний спиртовий розчин; калі їдкий, ч. д. а., 0,1 н. водяний розчин; натрію гідроксид 0,1 н. водяний розчин; пробки гумові; папір фільтрувальний.

Хід визначення

1. Насіння соняшнику, попередньо очищене засипають в корпус пристосування для віджиму олії. Віджимний пристрій вставляють у гідравлічний лабораторний прес. До нього підвішують або градуйовану колбу для титрування олії з відміткою для об'єму 5,4 см³, що відповідає 5 г соняшникової олії, або звичайну, попередньо зважену колбу місткістю 250 см³.

2. Потім за допомогою ручного насоса, що входить в конструкцію преса, підвищують тиск до максимального, позначеного червоною межею на манометрі. У міру падіння тиску знову підвищують до максимального за допомогою ручного насоса.

Олія повинна стікати усередину колби, не потрапляючи на її стінки. Як тільки кількість олії буде відповідати або трохи більше за об'єм 5,4 см³, посудину знімають. При необхідності з олії дають вийти бульбашкам повітря, а надлишок олії - видаляють фільтрувальним папером так, щоб його рівень відповідав мітці на колбі. Колбу місткістю 250 см³ з олією зважують і визначають кількість олії.

3. Додають в колбу 50 см³ насиченого нейтрального розчину кухонної солі і 10-15 крапель фенолфталеїну. Посудину щільно закривають гумовою пробкою і вміст струшують.

4. Титрують 0,1 н. розчином гідроксиду натрію. При титруванні після додавання кожних 1-5 крапель розчину лугу колбу закривають пробкою, перевертають і сильно струшують. Титрування ведуть до появи різко вираженого стійкого рожевого фарбування нижнього шару рідини.

5. Обробка результатів

1. Кислотне число олії в насінні (X) у міліграмах КОН обчислюють за формулою

$$x = (V * K * 5,611) / m,$$

де V-обсяг 0,1 н розчину лугу, витраченого при титруванні, см³;

K-поправка до титру розчину лугу;

m-маса висушеної олії, г;

5,611 - постійна величина, що є при використанні NaOH - розрахунковою масою NaOH в 1 см³ розчину NaOH (рівний 4,0), помноженої на 1,4 (відношення молекулярних мас KOH та NaOH).

5. За результат визначення кислотного числа олії приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних титрувань.

Усі обчислення проводять до сотих часток міліграма з подальшим округленням результату до десятих часток міліграма.

Таблиця 16.1

Гранично допустимі норми кислотного числа окремих олій та жирів

Вид харчового жиру		Кислотне число, мг/г жиру
Соняшникова олія	рафінована	0,4
	нерафінована вищого сорту	1,5
	нерафінована I сорту	2,25
Соева олія	рафінована	0,3
	гідратована I сорту	1,0
Кукурудзяна олія	рафінована	0,4
	нерафінована	5,0
Топлений харчовий жир (баранячий, яловичий, свинячий)	вищого сорту	1,2
	I сорту	2,2
Збірні жири (без показника сорту)		3,5

Запитання для самоконтролю

1. Які існують методи екстракції олії?
2. В чому особливість діетилового ефіру як розчинника?
3. Які правила охорони праці слід особливо неухильно виконувати при виконанні цього типу аналізу?

17. Лабораторна робота №15

Визначення загальної кислотності плодів та овочів

Мета роботи: Визначити загальну кислотність у декількох плодах чи овочах, попередньо перерахувавши її на яблучну кислоту.

Теоретична частина

Вміст органічних кислот у свіжих плодах і овочах має важливе значення при їх безпосередньому використанні і консервуванні. Органічні кислоти рослин досить різноманітні і є продуктами перетворення вуглеводів. Найбільш поширеними серед них є яблучна, лимонна, щавлева, винна та інші. Перерахована на яблучну кислоту кислотність плодів і овочів коливається в межах від 0,01 до 9-10 %.

Принцип методу базується на екстрагуванні гарячою водою органічних кислот з подрібненої наважки при нагріванні на водяній бані з температурою 80 °С протягом 30 хвилин. Загальну кислотність плодів і овочів визначають в одержаному фільтраті титруванням 0,1 н розчином лугу і перераховують на яблучну кислоту множенням на коефіцієнт 0,0067. Загальну кислотність плодів і овочів можна також перерахувати на інші кислоти: при цьому 1 мл 0,1 н NaOH відповідає 6,7 мл яблучної, або 4,5 мг оксалатної (щавлевої) 7,5 винної, 6,4 мг лимонної кислоти.

Реактиви і обладнання: 0,1 н NaOH або КОН; кухонна тертка; фарфорова чашка; лакмусовий папір; терези ВЛТК 500; мірна колба на 250 мл; мірний циліндр на 200 мл; лійки; фільтри; водяна баня; піпетка на 50 мл; конічна колба на 250 мл; бюретки.

Практична частина

Хід роботи

1. Відібрану середню пробу плодів і овочів подрібнити на кухонній терці, старанно перемішати і взяти наважку масою 25 г в фарфорову чашку.

2. Наважку з чашки змити водою в мірну колбу на 250 мл, додати 150 мл дистильованої води і 30 хвилин витримати на водяній бані при температурі 80 °С, збовтуючи через кожні 5 хвилин.

3. Охолодити колбу, довести розчин дистильованою водою до мітки, збовтати і профільтрувати.

4. Відібрати 50 мл фільтрату, перенести в колбу на 250 мл і відтитрувати – 0,1 н розчином лугу.

5. Оскільки в більшості випадків фільтрат має забарвлення, то кінець титрування визначити за синім лакмусовим папером, який в кислому середовищі забарвлюється в червоний колір. Практично титрування вважається закінченим, якщо не відбувається змін в кольорі від крапель 0,1 н розчину лугу .

6. Обчислити кислотність рослинного матеріалу в перерахунку на яблучну кислоту в відсотках до взятої наважки за формулою:

$$X = a * T * 0.0067 * 100 / m,$$

де а - кількість мл 0,1 н лугу, що пішла на титрування органічних кислот;

T - поправка до титру лугу;

0,0067 - кількість грамів яблучної кислоти , що відповідає 1 мл 0,1 н лугу;

100 - для вираження результатів аналізу в відсотках;
m - маса речовини, що відповідає 50 мл фільтрату, взятого для титрування.

Запитання для самоконтролю:

1. На чому базується метод визначення кислотності плодів та овочів?
2. Які найпоширеніші органічні кислоти ви знаєте?

19. Рекомендована література

Основна

1. . Агрохімія : підручник / М. М. Городній та ін. К. : ТОВ „Алефа”, 2003. 778 с.
2. Агрохімія : підручник / Шевчук М. Й., Веремеєнко С. І., Лопушняк В. І. (в двох частинах). Луцьк.: „Надстиря”, 2013. 632 с.
3. Агрохімія. / М. М. Городній та ін. К. : Вища школа, 1995. 525 с.
4. Агрохімія. / Карасюк І. М. та ін. К. : Вища школа, 1995. 470 с.
5. Veremeenko S. Changes in the Agrochemical Properties of Dark Gray soil in the Western Ukrainiah Forest-Steppe under the effect of Long-Term Agricultural Use / S. Veremeenko, O. Furmanets. *Eurasian Soil Science*. 2014. V. 47(5). P. 483–490.
6. Господаренко М. М. Агрохімія. К. : Сік груп, 2018, 560 с.
7. Євпак І. В. Основи агрохімії : навч. посібник. К. : 2007. 204 с.
8. Агрохімічний аналіз ґрунту, рослин і добрив на лабораторно-практичних заняттях з агрономічної хімії / Карасюк І. М. та ін. К. : Нічлава, 2001. 192 с.

Допоміжна література

9. Веремеєнко С. І., Шершун М. Х., Фурманець О. А. Кліматичні особливості агроєкосистем Західного Лісостепу на прикладі Рівненської області : монографія, Рівне : Волинські обереги, 2016. 136 с.
10. Власюк П. А. Біологічні елементи у життєдіяльності рослин. К. : Наукова думка, 1969, 515 с.
11. Dobermann, A., Nelson, R. (2013). Opportunities and solutions for sustainable food production. *Sustainable Development. Solutions. Network* : Paris, France. 24 [in English].
12. Фурманець О. А., Ефективність застосування рідких комплексних добрив при вирощуванні кукурудзи на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся. *Таврійський науковий вісник*, № 124, С. 104–111.
13. Фурманець О. А. Продуктивність жита озимого на дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся за різних доз основного удобрення. *Вісник НУВГП*, №1(97), 2022. С. 114–122.

14. Фурманець О. А., Піддубняк В. А. Вплив строків внесення та доз азотних добрив на врожайність озимого жита в умовах промивного водного режиму. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Херсон. : видавничий дім «Гельветика». № 110. С. 104–109.

15. Фурманець О. А., Піддубняк В. А. Вплив вапнякового шламу на кислотність дерново-підзолистого супіщаного ґрунту Західного Полісся України. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Херсон : видавничий дім «Гельветика». № 104. С. 85–88.

20. Інформаційні ресурси

18. Законодавство України. URL: <http://rada.gov.ua/>

19. Сторінка курсу на навчальній платформі НУВГП. URL: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=4676>

20. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>

21. Рівненська обласна універсальна наукова бібліотека (м. Рівне, пл. Короленка, 6). URL: <http://libr.rv.ua/>

22. AgLeader Technologies. URL: <https://www.agleader.com/>

23. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Нова-ка, 75). URL: http://nuwm.edu.ua/MySQL/page_lib.php

24. Каталог НД України: <http://csm.kiev.ua/nd/nd.php?b=1>

25. OECDiLibrary. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-andfood/data/oecd-agriculture-statistics_agr-data-en

26. Сторінка НУВГП “Якість освіти”. URL: <http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnistj>