

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет агротехнологій

Кафедра ґрунтознавства та агрохімії

**АГРОХІМІЯ**

Методичні рекомендації

для виконання практичних робіт здобувачами першого  
(бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Агрономія» спеціальності  
201 «Агрономія» денної та заочної форми здобуття вищої освіти.

Модуль 3. Аналіз добрив.

Миколаїв

2024

УДК 543.392

A90

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного університету від 16.05.2024 р., протокол №11

Укладач:

А.О. Кувшинова – асистент кафедри ґрунтознавства та агрохімії,  
Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

О.М. Дробітько – канд. с.-г. наук, голова ФГ «Олена» Вознесенського району Миколаївської області;

Н.В. Нікончук – канд. с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри виноградарства та плодовоовочівництва, Миколаївський національний аграрний університет.

©Миколаївський національний  
аграрний університет, 2024

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
Практична робота №1 Класифікація добрив. Відбирання проб мінеральних добрив.....	7
Практична робота № 2 Визначення фізичних властивостей добрив.....	9
Практична робота № 3 Розпізнавання добрив органолептичним методом та за якісними реакціями .....	12
Практична робота № 4 Визначення гігроскопічної та загальної води висушуванням добрив в сушильній шафі.....	18
Практична робота № 5 Визначення вмісту азоту в добривах.....	19
Практична робота № 6 Визначення вмісту фосфору в добривах .....	22
Практична робота №7 Визначення вмісту калію в добривах.....	25
Практична робота № 8 Аналіз комплексних добрив .....	27
Практична робота № 9 Аналіз вапнякових добрив.....	29
Практична робота №10 Аналіз органічних добрив.....	31
Питання до колоквиуму .....	32
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	33

## ВСТУП

Науково обґрунтоване застосування добрив та інших засобів хімізації – надійний шлях підвищення родючості ґрунту, урожайності культур, збільшення виробництва продуктів харчування.

Методичні рекомендації складені відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Агрохімія», яка відповідає освітньо-професійній програмі підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 201 «Агрономія» галузі знань 201 «Агрономія».

Предметом навчальної дисципліни є ґрунт, мінеральні та органічні добрива.

Об'єктом навчальної дисципліни є властивості ґрунту в зв'язку з використанням добрив.

Основні завдання курсу:

Як результат вивчення дисципліни здобувач вищої освіти повинен **знати**: стан і перспективи хімізації в Україні та світі; хімічний склад рослин, їх живлення та методи його регулювання; властивості ґрунту у зв'язку з живленням рослин і застосуванням добрив; методи хімічної меліорації ґрунтів; мінеральні, органічні та мікродобрива, їх отримання, властивості й використання, оптимальні умови зберігання і транспортування; бактеріальні препарати; технологію та схеми внесення добрив та хімічних меліорантів, машини для їх внесення; систему застосування добрив; сучасні інформаційно-логічні (ІЛМ) та кількісні моделі з управління мінеральним живленням рослин; вплив добрив на біосферу; агрохімічну, економічну та енергетичну ефективність добрив; систему агрохімсервісу.

Здобувач вищої освіти повинен **вміти**: визначити рівень забезпеченості сільськогосподарських культур поживними речовинами ґрунту; визначити необхідність проведення хімічної меліорації та встановлювати норми хімічних меліорантів; розпізнавати органолептично та з допомогою хімічних реакцій види і форми добрив; забезпечувати оптимальні умови для зберігання і транспортування добрив; встановлювати норми та визначати форми і способи внесення добрив для одержання прогнозованої врожайності;

У даних методичних рекомендаціях викладено типові методи визначення фізичних та хімічних показників якості мінеральних та органічних добрив, вивчення яких передбачено модулем 3.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

## КЛАСИФІКАЦІЯ ДОБРИВ. ВІДБИРАННЯ ПРОБ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

*Добрива* - це речовини, призначені для поліпшення живлення рослин і підвищення родючості ґрунту. Їх можна класифікувати за способом виробництва, хімічним складом, фізичним станом, характером дії на ґрунт і рослини, походженням.

За способом виробництва розрізняють місцеві й промислові добрива. До промислових належать майже всі мінеральні добрива, які добувають на хімічних підприємствах. Місцеві добрива дістають на місці їх використання, безпосередньо в господарствах або поблизу них. До місцевих добрив належать гній, гноївка, пташиний послід, торф, вапнякові туфи, зола тощо.

За хімічним складом добрива поділяють на мінеральні, органічні та мікродобрива. До мінеральних належать добрива, що містять елементи живлення рослин у вигляді неорганічних сполук, до органічних - що містять елементи живлення у вигляді органічних сполук.

Вид мінерального добрива визначається типом основної поживної для рослин речовини, що міститься в ньому. Розрізняють азотні, фосфорні, калійні, борні, марганцеві, молібденові, цинкові, мідні та інші добрива.

*Поживна речовина добрива* - це основний елемент живлення, що міститься в ньому. В азотних добривах поживною речовиною є азот (N), у фосфорних - фосфор ( $P_2O_5$ ), у калійних - калій ( $K_2O$ ) і тд. Співвідношення кількості поживної речовини, винесеної з урожаєм, до загальної кількості поживної речовини, внесеної з добривом, характеризується коефіцієнтом використання поживної речовини добрива.

Форма мінерального добрива є його характеристикою за хімічним складом, наприклад: сульфат амонію, аміачна селітра, суперфосфат, фосфоритне борошно, хлорид калію, сульфат калію тощо.

Мінеральні добрива, в свою чергу, поділяються на *прості* (містять один елемент живлення) і *комплексні* (містять кілька

елементів живлення). За кількістю елементів живлення комплексні добрива називають *подвійними* (наприклад, азотно-фосфорні - амофос, метафосфат калію) чи *потрійними* або повними (наприклад, азотно-фосфорно-калійні - нітроамофоска).

Комплексні добрива поділяють на складні, змішані й складнозмішані. *Складні* добрива містять два або більше елементів живлення у молекулі хімічної сполуки, з якої складається добриво (наприклад, амофос, діамфос тощо). Добувають їх внаслідок взаємодії вихідних хімічних сполук, а також спільною кристалізацією або сплавленням компонентів. *Змішані добрива* – механічна суміш простих та складних добрив у певному співвідношенні. *Складнозмішані добрива* добувають змішуванням готових простих добрив та введенням у суміш рідких і газоподібних продуктів (нітрофос, нітрофоска, амонізований суперфосфат).

За характером дії на рослини бувають добрива прямої і побічної дії.

Добрива *прямої дії* вносять безпосередньо в ґрунт для забезпечення рослин погрібними елементами живлення. Це азотні, фосфорні, калійні й мікродобрива. Добрива *побічної дії* вносять для поліпшення властивостей ґрунту і мобілізації в них поживних речовин. Наприклад, вапняк і гіпс поліпшують фізичні властивості ґрунту, його водний і повітряний режими тощо і тим самим впливають на врожайність сільськогосподарських культур.

За фізичним станом мінеральні добрива поділяють на тверді й рідкі. Тверді добрива залежно від розміру часточок поділяють на *порошкоподібні* (розмір часточок <1 мм) і *гранульовані* (1- 4 мм). Ступінь подрібнення добрива визначає м'якість помелу. Гранулометричний склад добрива дає характеристику мінерального добрива за розміром часточок. Часточки гранульованих добрив мають форму зерен, гранул або кульок. Такі добрива краще зберігаються, менше злежуються внаслідок меншої їх гігроскопічності (*гігроскопічність* – це здатність добрива вбирати вологу із зовнішнього середовища).

*Рідкі* добрива добувають розчиненням у воді простих та складних добрив табо взаємодією розчинів хімічних реагентів. Суміші

на основі рідких добрив, які частково містять тверді компоненти, називають *суспендованими* добривами.

*За характером дії на ґрунт* добрива поділяють на фізіологічно лужні і фізіологічно кислі. Добрива, що підлужують ґрунтовий розчин внаслідок переважного використання рослинами аніонів, називають фізіологічно лужними (кальцієва і натрієва селітри).

Добрива, що підкислюють ґрунтовий розчин внаслідок переважного використання рослинами катіонів, називають *фізіологічно кислими* (аміачна селітра, суперфосфат). Усунути надмірну кислотність або лужність добрива можна за допомогою нейтралізуючих добавок (нейтралізація добрива). Нейтральні добрива не змінюють кислотності ґрунтового розчину (преципітат).

Добрива бувають також *хімічно кислими* (простий суперфосфат), коли внаслідок особливостей технологічного процесу в продукті залишається 3-5 % вільних мінеральних кислот (ортофосфорної). Крім того, під час розчинення добрива у воді за рахунок гідролізу можуть утворюватися сильні кислоти з ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) або луки (з  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ), що впливають на рН ґрунтового розчину.

*Біологічно кислі добрива* (карбамід) підкислюють ґрунт внаслідок мікробіологічного перетворення амідної або амонійної форм азоту до нітратної (процес нітрифікації).

*За концентрацією діючих речовин* розізняють мінеральні добрива *низькоконцентровані* (до 25 %), *концентровані* (до 60%) *висококонцентровані* (понад 60 %).

Добрива вносять у ґрунт у певній кількості, що визначається нормами і дозами внесення. **Норма** - це загальна кількість добрива, внесеного під сільськогосподарські культури за період їх вирощування. Кількість добрива, внесеного під сільськогосподарські культури за один прийом, називається **дозою** добрива. Щоб визначити результат впливу добрива на врожай і його якість, використовують поняття ефективність добрива. Ефективність добрива, внесеного під попередник на другий і наступні роки, називається **післядією** добрива.

Показником якості мінерального добрива є вміст у ньому елементів живлення в доступній для засвоєння рослинами формі. Для характеристики азотних, фосфорних і калійних добрив визначають

масову частку в них азоту, фосфору і калію в перерахунку на  $N, P_2O_5$  і  $K_2O$ .

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, перемішують і скороченням одержують середню пробу (1-2,5 кг). Середню пробу щільно упаковують у чисту суху склянку 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, насипу 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 квадратуванням середньої.

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення, що таке добрива?
2. Як поділяють добрива за способів виробництва?
3. Як поділяють добрива за характером дії на рослини?
4. Дайте визначення, що таке доза добрив?
5. Як поділяють добрива за характером дії на ґрунт?

### ЗАВДАННЯ

1. Вивчити класифікацію добрив.
2. Дати відповіді на контрольні питання.

### ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

### ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДОБРИВ



Найважливішими фізичними характеристиками добрив, від яких залежать матеріальні та енергетичні затрати при їх зберіганні й використанні, є гранулометричний склад, статична міцність гранул, злежуваність та розсипчастість.

### **Хід роботи. Визначення гранулометричного складу добрива. Принципи методу**

Метод ґрунтується на визначенні вмісту фракцій, одержаних розсіюванням проб гранульованих, кристалічних та зернистих мінеральних добрив на ситах

#### *Обладнання*

Прилад для розсіювання - класифікатор типу РКФ-2У з набором сит або інший з амплітудою коливань 2.0 - 2,5 мм та частотою коливань вібростенда 1000 кол/хв: сита із штампованих полотен; терези технічні типу ВЛТК-500 або інші з похибкою зважування не більше ніж 0,1 г.

#### *Хід аналізу.*

Пробу добрива 100 - 200 г, зважену з точністю до 0,1 г, вміщують на верхнє сито приладу і розсівають протягом 2 хв. Залишки на кожному ситі зважують.

#### *Опрацювання результатів*

Вміст кожної фракції обчислюють за формулою

$$X = \frac{m_x \times 100}{m}$$

де,  $m$  - маса проби, г;

$m_x$  - маса певної фракції, г.

За кінцевий результат досліджень беруть середнє арифметичне двох паралельних визначень.

### **Хід роботи. Визначення статичної міцності гранул добрива. Принцип методу**

Метод ґрунтується на послідовному руйнуванні гранул досліджуваної фракції добрива при одноосьовому стисканні між двома паралельними площинами.

#### *Обладнання*

Прилад для визначення статичної міцності гранул тину ППГ - 1, МІ П-10-1 або інші аналогічні прилади, що мають діапазон вимірювання міцності 0,1 - 10 МПа з відносною похибкою не більше

ніж  $\pm 4$  % та швидкістю переміщення робочого столика 0,8 - 1,0 мм/с; прилад для розсівання типу РКФ-2У з набором сит; сита із штампованих полотен з діаметром отворів 2 і 3 мм; бюкси.

### **Хід аналізу**

Із середньої або аналітичної проби добрива виділяють розсіванням фракцію гранул з діаметром від 2 до 3 мм. Відбирають пінцетом 20 гранул сферичної форми і кладуть у бюкс. Усі гранули послідовно роздавлюють на приладі й за шкалою вимірюють зусилля, необхідне для руйнування кожної гранули.

### **Хід роботи. Визначення злежуваності добрива. Принцип методу**

Метод ґрунтується на визначенні міцності брикетів, добутих у спеціальних прес-формах за певним тиском та температурою протягом часу, встановленого для кожного конкретного виду добрив.

### **Обладнання**

Пристосування для одержання брикетів; екстензометр для визначення міцності брикетів типу МП-9С, МП-10-1, ЕТ-5 або інші прилади, за допомогою яких визначають зусилля роздавлювання у діапазоні 0 - 150 Н з відносною похибкою не більше ніж 4 %; автоматичний термостат з похибкою регулювання не більше ніж  $\pm 2$  °С; скляна лійка для сипких матеріалів.

### **Хід аналізу**

З аналітичних проб беруть зразки масою до 50 г, які переносять за допомогою лійки у циліндри прес-форм діаметром 35 і висотою 50 мм. Поверхню добрива в циліндрах вирівнюють, установлюють верхню панель касети і перевіряють вільний хід поршнів. Касету вміщують у термостат при  $50 \pm 2$  °С. На платформі поршнів кладуть важки масою  $2,8 \pm 0,5$  кг і витримують зразки протягом часу, встановленого для кожного конкретного виду добрив. Потім важки знімають, касету виймають і охолоджують при кімнатній температурі протягом 3 год, розбирають касету і виймають брикет із прес-форми. Брикету випробовують на руйнування за допомогою екстензометра.

### **Опрацювання результатів**

Злежуваність добрив обчислюють за формулою  $X = P/S$ , де P - зусилля, потрібне для руйнування брикета,

$H$ ;  $S$  - площа поперечного перерізу зразка,  $\text{см}^2$  За кінцевий результат беруть середнє арифметичне шести паралельних визначень.

### **Хід роботи. Визначення розсипчастості добрив Принципи методу**

Метод ґрунтується на визначенні маси незлежаного продукту після попереднього одноразового скидання його у мішку з висоти 1 м на плоску тверду поверхню і наступного розсівання.

#### *Обладнання*

Ваги вантажопідйомністю 200 кг типу РП-200113; пристосування типу ОР; мішки п'ятишарові крафт-целюлозні бітумовані; сита розміром  $1100 \times 700$  мм з сіткою, розміри отворів якої вказано у стандарті для кожного конкретного виду добрив; годинник (секундомір).

#### **Хід аналізу**

Мішок з добривом, попередньо зважений, скидають за допомогою пристрою для визначення розсипчастості або вручну на станину з висоти 1 м. Мішок переносять на сито і розрізають його.

Після цього протягом 1 хв зразок розсівають, розхитуючи сито в горизонтальній площині, без струшування, з частотою 50 коливань на хвилину. При коливанні відхилення сита від середнього положення в кожен бік має дорівнювати 50 - 60 см.

Продукт вважається розсипчастим, якщо основна маса проби проходить крізь сито, а грудки, що залишились на ситі, розсипаються на гранули при їх киданні на тверду площину з висоти 1 м.

#### ***Опрацювання результатів***

Розсипчастість добрива обчислюють за формулою

$$X = \frac{(m - m_1) \times 100}{m}$$

де  $m$  - маса відібраної проби кг;

$m_1$  - маса грудок злежаного добрива, кг.

При дослідженні проби, що складається з декількох мішків, за кінцевий результат визначення беруть середнє арифметичне розсипчастості добрива з кожного мішка.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

### РОЗПІЗНАВАННЯ ДОБРІВ ОРГАНОЛЕПТИЧНИМ МЕТОДОМ ТА ЗА ЯКІСНИМИ РЕАКЦІЯМИ

Хімічна промисловість постачає сільському господарству понад 50 видів і форм різних мінеральних добрив. При перевезенні та зберіганні зовнішній вигляд добрив може змінюватися. Щоб уникнути сумнівів при використанні таких добрив або тих, на які загублено документи, проводять попередні якісні дослідження: визначають за зовнішнім виглядом вид та форму добрива, його розчинність у воді та вміст певних іонів за допомогою якісних хімічних реакцій.

#### Принцип методу

Метод ґрунтується на візуальній оцінці фізичного стану часточок добрива (форма гранул, кристалів, дисперсність часточок), його запаху, кольору, розчинності у воді, якісного складу за катіонами та аніонами.

#### Обладнання та реактиви

Лупа; промивалка з дистильованою водою; штатив із скляними пробірками; шпатель або ложка; випарна чашка; газовий пальник, крапельниці і склянки з реактивами (перелік реактивів для якісного аналізу добрив наведено у таблиці.

Таблиця 3.1.

#### Реактиви для якісного аналізу катіонів та аніонів

Іон, який виявляють	Назва або формула	Рекомендована концентрація
$\text{NH}_4^+$	NaOH	10%
$\text{NH}_4^+$	Реактив Несслера $\text{K}_2[\text{HgI}_4] + \text{KOH}$	Насичений
$\text{K}^+$	$\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$	Насичений
$\text{K}^+$	$\text{NaHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	~7%
$\text{Na}^+$	$\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$	Насичений
$\text{Na}^+$	$\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times 3\text{UO}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2 \times \text{CH}_3\text{COOH}$	~50%
<i>Продовження таблиці 3.1.</i>		
$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH}$	1 н.
$\text{Ca}^{2+}$	$(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$	0,5 н.
$\text{Ca}^{2+}$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + (\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NH}_4\text{OH})$	Насичений
$\text{Ca}^{2+}$	Родизонат натрію $\text{Na}_2\text{C}_6\text{O}_6$	0,2%
$\text{Al}^{3+}$	$\text{NH}_4\text{Cl}$ крист. у лужному розчині	-
$\text{Al}^{3+}$	Алюмініон, $\text{C}_{22}\text{H}_{11}\text{O}_9(\text{NH}_4)_3$	0,1%

$\text{Fe}^{2+}$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	1 н.
$\text{Fe}^{3+}$	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	1 н.
$\text{Mn}^{2+}$	$\text{NaBiO}_3$ (тв.) + 2 н. $\text{HNO}_3$	-
$\text{Zn}^{2+}$	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	1 н.
$\text{Zn}^{2+}$	Дитизон у хлороформі $(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{N}_4\text{H}_2\text{CS}$	0,01%
$\text{Cu}^{2+}$	$\text{NH}_4\text{OH}$	2 н.
$\text{Co}^{2+}$	$\text{NH}_4\text{SCN}$ ( $\text{KSCN}$ ) в ацетоні	Насичений
$\text{Ni}^{2+}$	Диметилеліоксим у спирті	1%
$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{BaCl}_2 + \text{HCl}$	2 н.
$\text{CO}_3^{2-}$	Послідовна дія $\text{BaCl}_2$ (2 н.), $\text{HCl}$ (2 н.), $\text{KMnO}_4$ (0,1 н.)	-
$\text{PO}_4^{3-}$	Молибденовий реактив $(\text{NH}_4)\text{MoO}_4 + \text{HNO}_3$	7% розчин мобібдату амонію
$\text{NO}_3^-$	$\text{FeSO}$ (нас.) + $\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.)	-
$\text{NO}_2^-$	$\text{KI}$ за наявності 2 н. $\text{H}_2\text{SO}_4$ та крохмалю	0,5 н.
$\text{Cl}^-$	Послідовна дія $\text{AgNO}_3$ (0,1 н.), $\text{NH}_4\text{OH}$ (2 н.) та $\text{HNO}_3$ (2 н.)	-
$\text{VO}_2^-$	$\text{H}_2\text{SO}_4$ (конц.) + $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ або $\text{CH}_3\text{OH}$	-
$\text{MOO}_4^{2-}$	6 н. $\text{NH}_4\text{OH}$ + 6 % $\text{H}_2\text{O}_2$	-

### *Хід аналізу*

За запахом можна виявити такі специфічні речовини, як аміак (інколи його солі).

За кольором можна зробити попередні висновки про вид добрива, виходячи з того, що: солі  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{VO}_2^-$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$  білого кольору; солі  $\text{Fe}^{2+}$  зеленкуваті,  $\text{Fe}^{3+}$  - коричневаті,  $\text{Mn}^{2+}$  - бліло-рожеві;  $\text{Si}^{2+}$  - сині або зеленкуваті;  $\text{Co}^{2+}$  - рожеві;  $\text{Ni}^{2+}$  - зелені;  $\text{NO}_2^-$  - з жовтуватим відтінком.

Типову форму часточок та поверхню визначають за допомогою лупи. За формою часточок добрива бувають різними: гранули  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  мають овальну форму і гладеньку поверхню; гранули суперфосфатів, амофосів, нітрофоски та інших складних добрив мають шорсткувату поверхню і неправильну форму; калійні добрива (як правило) та солі  $\text{VO}_2^-$ ,  $\text{MoO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  (індивідуальні сполуки) надходять у вигляді кристалічних сполук;

вапнякові матеріали, шлаки, фосфоритне та кісткове борошно можуть бути у тонкорозмеленому стані.

За розчинністю у воді речовини можна умовно поділити на дві групи: 1) добре розчинні (у 100 г води розчиняється понад 10 г речовини): 2) малорозчинні (у 100 г води розчиняється менше ніж 1 г речовини).

У пробірку беруть  $\sim 1$  г добрива, додають 10 мл  $H_2O$ , перемішують  $\sim 1$  хвилину і оцінюють розчинність речовини за прозорістю розчину та кількістю (наближено) нерозчиненого осаду.

Добре розчинними є нітрати таких катіонів, як  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$  тощо, сульфати катіонів  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ;  $Ni^{2+}$ , фосфати катіонів  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ , свіжовиготовлений дигідрофосфат кальцію, хлориди майже всіх катіонів, крім  $Ag^+$ ,  $Pb^{2+}$ , борати та молібдати  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ .

Малорозчинні у воді сульфати кальцію, фосфати та гідрофосфати катіонів  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Ni^{2+}$ , карбонати і гідрокарбонати майже всіх катіонів, крім  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ .

### **Якісні реакції виявлення окремих іонів**

**Реакція на  $NH_4^+$  та  $NH_3$ .** У пробірці 0,1 – 0,2 г добрива розчиняють в 1 - 2 мл дистильованої води, додають 0,5 - 1 мл 10 %-го розчину  $NaOH$  або  $KOH$  і нагрівають суміш у водяній бані. За запахом визначають виділення аміаку.

0,1 г добрива розчиняють у 5 - 7 мл  $H_2O$  і відбирають в іншу пробірку 0,05 - 0,1 мл цього розчину, додають 1 мл  $H_2O$  та 4 - 6 крапель реактиву Несслера. За наявності  $NH_4^+$  або  $NH_3$  випадає червонувато-бурий осад або утворюється жовтувато-коричневий розчин.

**Реакція на  $Na^+$ .** Близько 0,1 г добрива розчиняють у 1-2 мл дистильованої води і додають 7- 8 крапель цинкуранілацетату. За наявності  $Na^+$  через 3-5 хв випадає дрібнокристалічний зеленкуватий осад.

У пробірці 0,1 - 0,2 г добрива розчиняють в 1-2 мл дистильованої води і додають 10 - 15 крапель  $K[Sb(OH)_6]$ . Суміш охолоджують водопровідною водою і труть стінки пробірки у розчині скляною паличкою. За наявності іона  $Na^+$  утворюється білий осад.

Реакцію використовують лише за відсутності  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  та в нейтральному або слабколужному середовищі.

**Реакція на  $\text{K}^+$ .** 0,1 - 0,2 г добрива розчиняють у 1-2 мл дистильованої води і додають 8 - 10 крапель розчину  $\text{Na}_3[\text{Co}(\text{NO}_2)_6]$ , з яким іони  $\text{K}^+$  утворюють цегляно-жовтий осад. Такий самий осад утворюють іони  $\text{NH}_4$ , тому спочатку треба впевнитись у їх відсутності в добриві.

0,1 - 0,2 г добрива розчиняють в 1 - 2 мл дистильованої води і добавляють 8 - 10 крапель розчину  $\text{NaNH}_4\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ . Суміш охолоджують під водопровідною водою, одночасно тручи стінки пробірки розчині скляною паличкою. За наявності іонів  $\text{K}^+$  утворюється білий осад.

Такий осад дають також іони  $\text{NH}_4^+$ . Реакцію проводять у нейтральному середовищі.

**Реакція на  $\text{Mg}^{2+}$ .** 0,1-0,2 г добрива розчиняють у 1-2 мл дистильованої води або 0,1 н. розчину  $\text{HNO}_3$ . До розчину додають 2 - 3 краплі 1 н.  $\text{NH}_4\text{OH}$  (суміш каламутніє), а потім по краплях (15 - 20) 1 н. розчин  $\text{MnCl}$  до розчинення осаду  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . До одержаної суміші додають 5 - 10 крапель розчину  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , з яким іони  $\text{Mg}^{2+}$  утворюють білий осад.

**Реакція на  $\text{Ca}^{2+}$ .** Близько 0,2 г добрива розчиняють у 1 мл дистильованої води (можна підкислити 3 - 4 краплями 2 н. розчину  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). До одержаного розчину додають 8 - 10 крапель 0,5 н. розчину  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Іони  $\text{Ca}^{2+}$  з оксалатом амонію утворюють білий осад.

Подібні осади утворюють також іони  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ .

**Реакція на  $\text{Fe}^{2+}$ .** До розчину добрива (~0,2 г в 1 - 2 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ) додають 1 - 2 краплі 1 н. розчину  $\text{HCl}$  та 5 - 10 крапель розчину  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . За наявності іонів  $\text{Fe}^{2+}$ , випадає темно-синій осад.

**Реакція на  $\text{Fe}^{3+}$ .** До розчину добрива (~0,2 г в 1 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ) додають 1 - 2 краплі 1 н. розчину  $\text{HCl}$  та 5 - 10 крапель розчину  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ . За наявності  $\text{Fe}^{3+}$  випадає темно-синій осад.

**Реакція на  $\text{Mn}^{2+}$ .** 0,1 - 0,2 г добрива розчиняють у 1 мл  $\text{H}_2\text{O}$  або 0,1 н. розчину  $\text{HNO}_3$ . До 3 - 5 крапель цього розчину додають 10 - 15 крапель 2 н. розчину  $\text{HNO}_3$  і на кінчику шпателя порошок  $\text{NaBiO}_3$ .

Суміш перемішують і відстоюють 5 - 10 хв. Утворення рожевого розчину свідчить про окислення  $Mn^{2+}$  до  $Mn^{7+}$

**Реакція на  $Zn^{2+}$ .** 0,1 - 0,2 г добрива розчиняють у 1 - 2 мл дистильованої води і цей розчин по краплях додають до 0,5-1 мл розчину дитизону в хлороформі або  $CCl_4$ . За наявності  $Zn^{2+}$  зелене забарвлення дитизону змінюється на пурпурово-червоне.

**Реакція на  $Co^{2+}$ .** 0.1 - 0.2 г добрива розчиняють у 1 - 2 мл  $H_2O$ , додають декілька кристалів  $NaF$  (для зв'язування  $Fe^{3+}$ ). Отриманий розчин по краплях добавляють до 15 - 20 крапель насиченого розчину  $NH_4SCN$  або  $KSCN$  в ацетоні. Поява яскраво-синього забарвлення свідчить про наявність іонів  $Co^{2+}$ .

**Реакція на  $Cu^{2+}$ .** До розчину добрива ( $\sim 0,2$  г в 1 мл  $H_2O$ ) додають надлишок (15-20 крапель) 10 % розчину  $NH_4OH$ . Забарвлення розчину в синій колір свідчить про наявність іонів  $Cu^{2+}$ .

**Реакція на  $SO_4^{2-}$ .** До розчину добрива ( $\sim 0,1$  г в 1-2 мл  $H_2O$ ) додають 8 - 10 крапель розчину  $BaCl_2$  (випадає білий осад), а потім 15 - 20 крапель 2 н. розчину  $HCl$ . Осад  $BaSO_4$  не розчиняється в  $HCl$ .

**Реакція на  $PO_4^{3-}$ .** До розчину добрива ( $\sim 0,1$  г в 1-2 мл  $H_2O$ ) додають 10-15 крапель розчину молібденового реактиву і нагрівають суміш 2-3 хв. За наявності  $PO_4^{3-}$  утворюється осад жовтого кольору.

Якщо добриво погано розчиняється у дистильованій воді, можна підкислити розчин-декількома краплями 1-2 н. розчину  $HNO_3$ .

**Реакція на  $CO_3^{2-}$ .** До розчину добрива ( $\sim 0,1$  г в 1-2 мл  $H_2O$ ) додають 10 - 15 крапель 2 н. розчину  $BaCl_2$ . На осад  $BaCO_3$ , що утворився, діють 15-20 краплями 2 н. розчину  $HCl$ . Карбонат барію розчиняється з виділенням  $CO_2$ . Щоб впевнитися, що виділяється вуглекислий газ, до реакційної суміші додають 1 - 2 краплі 0,1 н. розчину  $KMnO_4$  рожеве забарвлення якого не зникає.

Якщо добриво не розчинне у воді, то аналогічну пробу можна виконувати і з сухим матеріалом. Для цього до 0,1 - 0,2 г сухого добрива у пробірці додають 15 - 20 крапель 10 % розчину  $HCl$ . Карбонати розкладаються з виділенням  $CO_2$ .

**Реакція на  $NO_2^-$ .** До розчину добрива ( $\sim 0,1$  г в 1 - 2 мл  $H_2O$ ) додають 3-5 крапель 2 н. розчину  $H_2SO_4$  або  $CH_3COOH$  та 8-10 крапель



2 н. розчину KI. Після перемішування компонентів додають 3 - 5 крапель розчину крохмалю. Суміш забарвлюється у синій колір.

**Реакція на  $\text{NO}_3^-$ .** 0,1 - 0,2 г добрива розчиняють у 1 - 2 мл  $\text{H}_2\text{O}$ . До 3-4 крапель цього розчину додають 20 - 25 крапель розчину  $\text{FeSO}_4$  й обережно, по стінках нахиленої пробірки, 8-12 крапель концентрованої  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Не змішуючи компоненти, ставлять пробірку вертикально і через 0,5-1 хв спостерігають у суміші кільце бурого кольору.

З іоном  $\text{NO}_2^-$  реакція відбувається аналогічно. Тому перед виявленням іонів  $\text{NO}_3^-$  потрібно впевнитися, що іони  $\text{NO}_2^-$  відсутні.

**Реакція на Cl<sup>-</sup>.** До розчину добрива (~0,1г у 2 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ) додають 5-10 крапель 0,1 н. розчину  $\text{AgNO}_3$  та 2 - 3 краплі 2 н. розчину  $\text{HNO}_3$ . Утворюється білий осад, до якого при перемішуванні додають 15 - 20 крапель 2 н. розчину  $\text{NH}_4\text{OH}$  до розчинення осаду. До одержаного розчину по краплях добавляють 2 н. розчин  $\text{HNO}_3$  до кислого середовища, що знову супроводжується утворенням осаду  $\text{AgCl}$ .

**Реакція на  $\text{VO}_2$  ( $\text{VO}_3^{3-}$ ,  $\text{V}_4\text{O}_7^{2-}$ ).** Розчин добрива (0,1 - 0,2 г в 1 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ) випарюють у випарній чашці. До залишку додають 5-8 крапель концентрованої  $\text{H}_2\text{SO}_4$  та 15-20 крапель етанолу. Одержану суміш запалюють. За наявності боратів полум'я забарвлюється у зелений колір.

**Реакція на  $\text{MoO}_2$ .** Розчин добрива (0,1-0,2 г в 1-2 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ) випарюють у випарній чашці. Сухий залишок змочують декількома краплями 6 н. розчину  $\text{NH}_4\text{OH}$  і додають 4 - 8 крапель 6 % розчину  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Поява карміново-червоного забарвлення свідчить про утворення пермолібдату.

**Реакція на  $\text{NH}_4^+$ .** У пробірку беруть 0,2-0,3 г добрива (карбаміду, сечовини) і нагрівають до розплавлення на газовому пальнику. Додають 10-15 крапель дистильованої води, 2-3 краплі 10 % розчину  $\text{NaOH}$  або  $\text{KOH}$  та 1 - 2 краплі 10 % розчину  $\text{CuSO}_4$ . За наявності амідів суміш забарвлюється у фіолетово-жовтий колір.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГІГРОСКОПІЧНОЇ ТА ЗАГАЛЬНОЇ ВОЛОГИ ВИСУШУВАННЯМ ДОБРИВА В СУШИЛЬНІЙ ШАФІ**

Метод поширюється на мінеральні добрива, що містить від 0,1 до 12% води.

### **Принцип методу**

Метод ґрунтується на визначенні зміни маси добрива після його нагрівання протягом певного часу при визначеній для даного добрива температурі (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

### **Рекомендовані температури висушування добрив**

Назва добрива	Температура, °С
Карбамід, амофос, нітрофоска, нітроамофоска, нітроамофос	65 - 70
Складнозмішані добрива, суперфосфат (простий, амонізований та подвійний)	75 - 80
Аміачна селітра, хлорид калію, сульфат калію, простий суперфосфат, 40 % калійна змішана сіль, преципітат, фосфоритне борошно	100
Калімагnezія, калієво-магнієвий концентрат, сульфат калію.	200 - 250

### *Обладнання та реактиви*

Сушильна шафа з точністю регулювання температури  $+2,5$  °С; ексікатор з осушувачем; бокси діаметром 32 - 60 мм, висотою  $30 \pm 2$  мм або алюмінієві кювети діаметром 32 - 60 мм, висотою 5 - 7 мм; аналітичні терези; вуглекислий безводний карбонат натрію, висушений протягом 2 год. при 200 - 250 °С.

### *Хід аналізу*

2 - 3 г добрива вміщують у бюкс, попередньо висушений до сталої маси і зважений. Зважують бюкс із добривом і визначають масу наважки добрива з точністю до  $\pm 0,0002$  г. При визначенні вмісту води у калімагnezії та калієво-магнієвому концентраті наважку добрива зважують із подвійною кількістю карбонату натрію (зверху вкривають тонким шаром).

Бюкс із добривом і кришку вміщують у термостат і висушують протягом 3 год (аміачну селітру висушують 2 год). Потім бюкс закривають, охолоджують в екзикаторі не менше 30 хв і визначають його масу.

### ***Опрацювання результатів***

Масову частку води обчислюють за формулою:

$$X = \frac{(m - m_1) \times 100}{m_2}$$

де  $m$  - маса бюкса з наважкою добрива до висушування, г;

$m_1$  - маса бюкса з наважкою добрива після висушування, г,

$m_2$  - маса наважки добрива, г.

За кінцевий результат досліджень беруть середнє арифметичне двох двох (для карбаміду-трьох) паралельних визначень, розходження між якими при надійній імовірності  $P = 0,95$  не повинно перевищувати: при масовій частці  $H_2O$  до 0,5 % - 0,05 %; 0,5 - 2 % - 0,2 %, 2 - 6 % - 0,4 %; 6-12% - 0,8%.

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 5**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ АЗОТУ В ДОБРИВАХ**

**Хід роботи. Визначення вмісту аміачного азоту у солях амонію формальдегідним методом.**

#### **Принцип методу**

Метод ґрунтується на взаємодії аміачного азоту з формальдегідом з утворенням гексаметилентетраміну та еквівалентної кількості кислоти, яку визначають титриметричним методом.

#### ***Обладнання та реактиви***

Аналітичні терези; годинникове скельце; мірна колба на 500 мл; лійка; промивалка; шпатель; конічна колба на 250 мл; піпетка на 25 мл; циліндр на 50 мл; бюретка на 50 мл; штатив для титрування; дистильована вода: 0,1 н. та 0,25 н. розчини NaOH; змішаний індикатор; 1 % спиртовий розчин фенолфталеїну; 15 % та 25 % розчини формальдегіду, 0,02 % спиртовий розчин метилового червоного; 0,02 % спиртовий розчин метиленового голубого.

#### **Хід аналізу**

Близько 10 г добрива зважують з точністю до 0,001 г, кількісно переносять у мірну колбу на 500 мл, розчиняють у дистильованій воді, доводять водою об'єм до риски і ретельно перемішують. 25 мл одержаного розчину переносять піпеткою в конічну колбу на 250 мл і за наявності змішаного індикатора (2 -3 краплі) та фенолфталеїну (2 - 3 краплі) нейтралізують, додаючи з бюретки 0,1 н. розчин NaOH до зміни забарвлення індикатора з безбарвного на блідо- рожеве.

В іншій колбі 25 мл формальдегіду (25 % розчин) за наявності 2-3 крапель фенолфталеїну також нейтралізують 0,1 н. розчином NaOH до появи блідо-рожевого забарвлення. Цей розчин додають до нейтралізованого розчину добрива, що аналізується, і через 1 хв (суміш, безбарвна) титрують 0,1 н. розчином NaOH за наявності 2 - 3 крапель фенолфталеїну до появи стійкого (протягом 1 хв) блідо-рожевого забарвлення.

За бюреткою відраховують об'єм NaOH, витраченого на нейтралізацію кислоти, що утворилася після додавання розчину формальдегіду до аліквоти добрива.

### ***Опрацювання результатів***

Масову частку аміачного азоту обчислюють за формулою

$$X = \frac{VT_m \times 500 \times 100}{m_1 \times 25}$$

де V - об'єм точно 0,1 н. або 0,25 н. розчину NaOH, витраченого на титрування, мл; m - маса азоту, що відповідає 1 мл розчину NaOH (для 0,1 н. розчину NaOH  $m = 0,0014$ ); г,

$m_1$  - маса наважки добрива, г;

500 - об'єм колби, мл;

100 - коефіцієнт для перерахунку на відсотки: 25 - об'єм піпетки, мл;

T - поправка до титру при відхиленні концентрації розчину NaOH від 0,1 н.

За кінцевий результат досліджень беруть середне арифметичне двох паралельних визначень, розбіжність між якими не перевищує 0,2 % при  $P = 0,95$ .

**Хід роботи. Визначення вмісту загального азоту в аміачній та амідній формах без відгонки аміаку.**

### ***Принцип методу***

Метод ґрунтується на мінералізації азоту сірчаною кислотою до аміачного з наступною взаємодією його з формальдегідом та титруванням кислоти, що при цьому виділяється, гідроксидом натрію.

### ***Обладнання та реактиви***

Аналітичні терези; годинникове скельце; шпатель; циліндр на 50 мл; термостійка колба на 250 мл; піпетка на 10 мл; електроплитка або колбонагрівник; бюретка на 50 мл; дистильована вода; концентрована

$H_2SO_4$ , і 0,5 н. розчині  $H_2SO_4$ ; 5 н. і 0,5 н. розчини NaOH; 0,1 % спиртовий розчин метилового червоного; фенолфталеїн, тимолфталеїн; етанол; технічний формальдегід (25 % розчин, перед використанням нейтралізований за фенолфталеїном до блідо-рожевого забарвлення); змішаний індикатор з рН = 9,6 (у 100 мл етанолу розчиняють 0,5 г фенолфталеїну і 0,5 г тимолфталеїну).

### ***Хід аналізу***

1 - 2,5 г добрива зважують з точністю до 0,0002 г і переносять у конічну термостійку колбу на 250 мл (якщо добриво рідке, то 25 мл його вміщують у мірну колбу на 250 мл, доливають водою до риски і відбирають піпеткою 10 мл розчину в термостійку колбу), добавляють 5 - 10 мл концентрованої  $H_2SO_4$ .

Суміш у колбі перемішують і обережно нагрівають на електроплитці (з азбестовою сіткою) або колбонагрівнику до припинення бурхливого виділення бульбашок  $CO_2$ . Потім нагрівання посилюють до кипіння і кип'ятять до повного припинення виділення  $CO_2$  і появи білої пари  $H_2SO_4$ , нагрівають ще 10 хв, а нові потім охолоджують. Доливають 50 мл  $H_2O$ , добавляють 1 - 2 краплі метилового червоного і нейтралізують надлишок кислоти 5 н. розчином NaOH до переходу рожевого забарвлення розчину в жовте, а потім по краплях відтитровують із бюретки 0,5 н. розчином  $H_2SO_4$  до появи блідо-рожевого забарвлення (слабокисле середовище аналізованого розчину).

До одержаного розчину в колбі додають із циліндра 20 - 40 мл 25 % розчину формальдегіду, 5 крапель змішаного індикатора і через 1 - 2 хв титрують кислоту, що виділилася, 0,5 н. або 1 н. розчином

NaOH до появи малинового забарвлення, яке не зникає протягом 1 - 1,5 хв.

Розчин після додавання формальдегіду набуває рожевого відтінку. При титруванні забарвлення розчину змінюється спочатку на жовте, а потім на малинове, при появі якого закінчують титрування і встановлюють об'єм витраченого титранту за бюреткою.

#### *Опрацювання результатів*

Загальну масову частку азоту у твердих добривах обчислюють за формулою

$$X_1 = \frac{V_m \times 100}{m_1}$$

Загальну масову частку азоту в рідких добривах обчислюють за формулою  $X_2 = \frac{V_m \times 250 \times 100}{25\rho \times 10}$

де  $V_m$  - об'єм точно 1 н. або 0,5 н. розчину NaOH, витраченого на титрування, мл;

$m$  - маса азоту, що відповідає 1 мл розчину NaOH (для 0,5 н. розчину NaOH  $m = 0,007$ , для 1. н.  $m = 0,014$ ), г;

$m_1$ . маса наважки добрива, г,

$\rho$  - густина рідкого добрива при 20°C, г/мл.

Розбіжність між двома паралельними визначеннями не повинна перевищувати 0,2 % при  $P = 0,95$ .

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 6

### **ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ФОСФОРУ В ДОБРИВАХ**

Фосфорні добрива відрізняються за хімічним складом, вмістом  $P_2O_5$ , розчинністю сполук. Тому для проведення аналізу фосфорних добрив на вміст.  $P_2O_5$  необхідним підготовчим етапом є їх розчинення в різних розчинниках. Фосфорні добрива прийнято аналізувати на вміст, загального, засвоюваного та водорозчинного фосфору. При цьому для переведення відповідної форми фосфору з добрива у розчин як елюенти використовують розчини HCl,  $HNO_3$ , лимонної кислоти, цитрату амонію, трилон Б, воду.

## **Хід роботи. Визначення вмісту фосфору диференціальним фотометричним методом.**

### ***Принцип методу***

Метод ґрунтується на утворенні жовтозабарвленого фосфорнованадієвомолібденового комплексу з наступним фотометричним вимірюванням його оптичної густоти при довжині хвилі 430 - 450 нм відносно розчину порівняння з відомим вмістом  $P_2O_5$ .

### ***Обладнання та реактиви***

Фотоелектроколориметр типу ФЕК-56М; ФЕК-60 або інший аналогічний прилад; мікробюретка на 5 або 10 мл; бюретка на 25 мл; мірні колби на 1 л, 100 мл; термостійкі стакани на 200 мл; азотна кислота густиною  $1,4 \text{ г/см}^3$  і розбавлена 1:2; концентрована сірчана кислота; 20 % розчин  $HCl$ ; розчин  $KH_2PO_4$ , що містить 4 мг  $P_2O_5$ , в 1 мл ;  $KH_2PO_4$  перед зважуванням висушують при  $105^\circ C$  протягом 2 год, робочий розчин  $KH_2PO_4$ , із вмістом 0,2 мг  $P_2O_5$ , в 1 мл; розчин А - 0,25 % розчин ванадату амонію; розчин Б - 5 % розчин  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \times 4H_2O$ ; розчин В - розбавлений у співвідношенні 1:2 розчин  $HNO_3$  розчин Г - ванадієвомолібденова суміш; для побудови калібрувального графіка у мірні колби на 100 мл відмірюють з бюретки робочий розчин  $KH_2PO_4$ , в об'ємах, зазначених у табл. 6.1; доливають у мірні колби по 25 мл дистильованої води і по 25 або 40 мл розчину Г; розчини у колбах доводять до риски водою при кімнатній температурі й перемішують; через 15 хв (але не більше ніж через 60 хв) вимірюють оптичну густоту робочих розчинів відносно розчину порівняння з найменшою концентрацією  $P_2O_5$ , (1 мг  $P_2O$  на 100 мл); будують калібрувальний графік, відкладаючи на осі абсцис концентрацію  $P_2O_5$ , а на осі ординат - відповідні їй величини оптичної густоти; одночасно готують розчини аналізованого добрива.

**Таблиця 6.1.**

### **Об'єми вихідного зразкового розчину $KH_2PO_4$ для приготування розчинів порівняння**

Показник	Номер колби									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Об'єм зразкового розчину, що містить 0.2 мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в 1 мл, мг	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5
Вміст P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 мл	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Вміст P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> у 100 мл аналізованого розчину з розрахунку на 20 мг добрива, %	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5

### Хід аналізу

У мірну колбу на 100 мл відмірюють піпеткою такий об'єм аналізованого розчину добрива, вміст P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, в якому перебуває в межах побудованого калібрувального графіка (табл. 6.2.).

**Таблиця 6.2.**

### Рекомендовані об'єми аналізованих розчинів добрив

Розбавлення розчину добрива, г/мл	Об'єм аналізованого розчину добрива, мл залежно від масової частки P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %			
	До 5	5-10	10-25	25-55
<b>1/250</b>	20	10	5	2
<b>2/250</b>	10	5	2	1
<b>1/500</b>	-	-	10	5
<b>2/500</b>	20	10	5	2

До аналізованого розчину додають 2 мл 20 % розчину HCl, 5 - 10 мл води, кип'ятять 10 хв, охолоджують, розбавляють водою приблизно до 20 мл, додають 25 мл реактиву на фосфати (реактив Г), доливають водою до риски, перемішують і далі аналіз виконують так, як і при побудові калібрувального графіка з тим самим розчином порівняння.

Якщо P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, із добрив добували розчинами, що містять HCl, то операції з додаванням соляної кислоти та кип'ятіння не потрібні.

### Опрацювання результатів

Масову частку фосфору в перерахунку на P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, обчислюють за формулою:

$$X = \frac{mV_1 \times 100}{mV_2} = \frac{mV_2 \times 1000}{mV_1}$$



$$mV_2 \times 1000 \quad m_1 V_2$$

де  $m$  - маса  $P_2O_5$  в аналізованій пробі визначена за калібрувальним графіком або розрахована, мг,

$m_1$  - маса наважки добрива, г;

$V_1$  - об'єм мірної колби, в якій розчиняють наважку добрива, мл;

$V_2$  - об'єм аналізованого розчину, мл.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 7 ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ КАЛІЮ В ДОБРИВАХ

**Хід роботи. Полуменеве-фотометричний метод визначення вмісту калію в складних та однокомпонентних добривах.**

### *Принцип методу*

Метод ґрунтується на вимірюванні інтенсивності випромінювання калію, що вводиться в полум'я у вигляді аерозолю.

Метод застосовується для аналізу добрив із масовою часткою  $K_2O$  не більше ніж 30 % та сульфату калію.

### *Обладнання та реактиви*

Полуменевий фотометр типу ПФМ, ПФЛ-1 або спектрофотометр; хлорид калію для спектрального аналізу (х.ч.); робочий розчин КС1 з концентрацією 1 мг К/мл; 2 н. розчин соляної кислоти; робоча шкала зразкових розчинів для визначення вмісту калію в однокомпонентних добривах (у мірні колби на 50 мл відмірюють вихідний розчин КС1 (1 мг К/мл) в об'ємах, зазначених у табл. 7.1; об'єми розчину в колбах доливають дистильованою водою до риски і перемішують); робоча шкала зразкових розчинів для визначення вмісту калію у складних добривах (у мірні колби на 100 мл відмірюють вихідний розчин КС1 (1 мг К/мл) та 2 н. розчин НС1 в об'ємах, зазначених у табл. 7.2; суміш розчинів у колбах доливають дистильованою водою до риски і перемішують); вимірюють інтенсивність випромінювання розчинів порівняння і будують калібрувальний графік, відкладаючи на осі абсцио концентрацію калію, а на осі ординат - відповідні їй покази приладу в масштабі 1 поділка - 2 мм.

**Таблиця 7.1.**

**Об'єми вихідного зразкового розчину КСІ і розчину НСІ для приготування розчинів порівняння**

Показник	Номер колби					
	1	2	3	4	5	6
Об'єм зразкового розчину, КСІ мл	0	1	2	3	4	5
Об'єм 2 н. розчину НС, мл	5	5	5	5	5	5
Вміст К <sub>2</sub> О, мг/мл	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05

***Хід аналізу***

Зважують 2 г добрива з точністю до 0,001 г, переносять у мірну колбу на 200 мл, додають 60 - 80 мл води, нагрівають до кипіння і кип'ятять протягом 10 хв. Розчин охолоджують, доливають водою до риски, перемішують і фільтрують крізь сухий складчастий фільтр у сухий стакан, відкидаючи перші 50 мл фільтрату.

Піпеткою відмірюють 50 мл фільтрату і переносять у мірну колбу на 250 мл. Доливають водою до риски, перемішують. 25 мл одержаного розчину піпеткою переносять в іншу мірну колбу на 250 мл, доливають водою до риски і перемішують.

Одержаний так досліджуваний розчин добрива вводять у полуменевий фотометр і записують покази приладу. За калібрувальним графіком знаходять концентрацію калію в досліджуваному розчині. Повторюють вимірювання й одержують другий паралельний результат.

***Опрацювання результатів***

Масову частку калію в добриві в перерахунку на К<sub>2</sub>О обчислюють за формулою

$$X = \frac{(c_1+c_2)}{2} \times \frac{V \times 250 \times 250 \times 1,205 \times 100}{m_1 \times 50 \times 25}$$

де  $c_1$   $c_2$  - концентрація калію, одержана за калібрувальним графіком при першому та повторному визначеннях, мг/мл;  $m_1$  - маса наважки добрива, мг;

1,205- коефіцієнт для перерахунку К<sup>+</sup> на К<sub>2</sub>О;

V- об'єм мірної колби, в якій розчиняють наважку добрива, мл.

**ПРАКТИЧНА РОБОТА 8  
АНАЛІЗ КОМПЛЕКСНИХ ДОБРІВ**

Аналіз комплексних добрив типу NP, PK, NPK на вміст елементів живлення принципово не відрізняється від аналізу однокомпонентних добрив. Різниця може полягати лише у підготовці проби до аналізу, зокрема в методиці її розчинення.

Так, визначення азоту, фосфору та калію з однієї наважки добрива не рекомендується навіть тоді, коли пробу аналізують на загальний вміст цих елементів. Рекомендують у кожному конкретному разі готувати пробу для визначення одного або двох елементів. Винятком можуть бути водорозчинні добрива типу  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ .

### **Хід роботи. Визначення вмісту загального азоту в аміачній та амідній формі з відгонкою аміаку.**

#### **Принцип методу**

Метод ґрунтується на мінералізації азоту сірчаною кислотою за наявності сульфатів міді та калію до аміачного азоту з наступною відгонкою аміаку. зголототвої мо

#### *Обладнання та реактиви*

Прилад для відгонки аміаку; дистильована вода; сірчана кислота концентрована та 0,5 н. розчин; гідроксид натрію, 40 % та 0,5 н. розчини; індикатор метиловий червоний; етанол; індикатор змішаний (рН=5) (змішують метиловий червоний та метиленовий блакитний); реактив Несслера; сульфат калію або кристалічний сульфат натрію; п'ятиводний сульфат міді; індикатор метиленовий блакитний; універсальний індикаторний папір.

#### *Хід аналізу*

Наважку добрива 0,5 - 2 г, залежно від вмісту азоту, попередньо розтертого та зваженого з точністю до 0,0002 г, переносять у круглодонну колбу з термостійкого скла, добавляють 0,7 г  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ , та  $\text{K}_2\text{SO}_4$  або  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  додають у тому разі, коли добриво містить органічний азот, крім карбаміду.

Суміш у колбі перемішують і обережно нагрівають на електроплитці з азбестовою сіткою або на колбонагрівнику до закінчення бурхливого вилілення бульбашок газу  $\text{CO}_2$ .

Нагрівання посилюють до слабкого кипіння рідини і продовжують до повного закінчення виділення окремих бульбашок  $\text{CO}_2$  і появи білої парим  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Потім нагрівають ще 10 хв, після чого суміш охолоджують. Після охолодження обережно додають 200 мл води і знову охолоджують до кімнатної температури. Колбу з'єднують через краплеуловлювач з холодильником і приймачем. Із бюретки у приймач наливають 40-50 мл 0,5 н. розчину  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , додають 3 краплі змішаного індикатора з  $\text{pH} = 5,4$  і невелику кількість води з тим, щоб барботер був занурений у рідину.

Із крапельної лійки у круглодонну колбу обережно доливають 50 мл 40 % розчину  $\text{NaOH}$ . Після припинення бурхливої реакції колбу нагрівають і розчин кип'ятять доти, доки із колби відженеться  $2/3$  об'єму рідини. Після цього перевіряють відсутність аміаку у конденсаті. Для цього від'єднують приймач, споліскують барботер, набирають у пробірку  $\sim 1$  мл конденсату і додають до нього декілька крапель реактиву Несслера. Якщо розчин не забарвлюється у жовтий колір, то аміак у конденсаті відсутній.

Після закінчення відгонки приймач з холодильником від'єднують, холодильник промивають водою, зливаючи промивні води у приймач, і надлишок кислоти відтитровують 0,5 н. розчином  $\text{NaOH}$  до зміни забарвлення з фіолетового через сіре на зелене.

Одночасно проводять контрольний дослід за таких самих умов і з такими самими кількостями реактивів, але без аналізованого продукту.

### ***Опрацювання результатів***

Масову частку загального азоту обчислюють за формулою

$$X = \frac{(V - V_1) \cdot 0,007 \times 100}{m}$$

де  $V$  - об'єм точно 0,5 н. розчину  $\text{NaOH}$ , витраченого на титрування надлишку кислоти у контрольному досліді, мл;  $V_1$  - об'єм точно 0,5 н. розчину  $\text{NaOH}$ , витраченого на титрування надлишку кислоти в аналізованій пробі, мл; 0,007 - маса азоту, що відповідає 1 мл точно 0,5 н. розчину  $\text{NaOH}$ , г;  $m$  - маса наважки добрива, г.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 9

### АНАЛІЗ ВАПНЯКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Вапнякові добрива використовують в основному для зменшення кислотності ґрунту. Тому, щоб мати чітке уявлення про зміни, що відбуваються в ґрунті при внесенні вапнякових добрив, слід попередньо визначити види кислотності та їх походження.

#### **Хід роботи. Визначення нейтралізуючої здатності вапнякових матеріалів.**

##### *Принцип методу*

Метод ґрунтується на нейтралізації вапнякових матеріалів, що містять  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{CaO}$ , надлишком соляної кислоти з наступним титруванням і лугом.

##### *Обладнання та реактиви*

Технохімічні терези; годинникове скельце; шпатель; лійки; фільтри; водяна баня; електроплитка; колби на 250 - 300 мл; мірна колба на 250 мл, стакани на 150 - 200 мл; мірні циліндри на 25 - 100 мл; піпетка на 50 мл; 1 н. розчин  $\text{HCl}$ ; а н. розчин  $\text{NaOH}$ ; індикатор метиловий оранжевий або фенолфталеїн.

##### *Хід аналізу*

Наважку вапнякового матеріалу  $\sim 2,5$  г зважують на технохімічних терезах з точністю до 0,01 г, переносять у плоскодонну колбу на 250 - 300 мл, доливають 10 - 25 мл дистильованої води для змочування проби і зменшення її спінення. Потім повільно доливають 125 мл 1 н. розчину  $\text{HCl}$  і 125 мл  $\text{H}_2\text{O}$ . Відмічають рівень суміші у колбі. Розчин нагрівають до кипіння і кип'ятять 30 хв, періодично перемішуючи. Розчин, що залишився після кип'ятіння, розбавляють дистильованою водою приблизно до 200 мл, охолоджують, кількісно переносять у мірну колбу на 250 мл, доливають водою до риски, перемішують і фільтрують крізь сухий фільтр. У конічну колбу відбирають піпеткою 50 мл фільтрату, що за розрахунком відповідає 25 мл вихідного 1 н. розчину  $\text{HCl}$ . До фільтрату додають 2-3 краплі метилового оранжевого (рожеве забарвлення) або фенолфталеїну (безбарвний) і титрують суміш 1 н. розчином  $\text{NaOH}$  або  $\text{KOH}$  до появи солом'яно-жовтого або блідо-рожевого забарвлення залежно від взятого індикатора.

Цей результат використовують як попередній, оскільки відтитрований зразок може містити залишкову кількість  $\text{CO}_2$  у вигляді гідрокарбонатів. Тому далі до вже відтитрованого розчину доливають точно 2 мл 1 н. розчину  $\text{HCl}$  і кип'ятять суміш 5 хв на електроплитці або 30 хв у водяній бані. Потім суміш охолоджують, додають 1 краплю відповідного індикатора і повторно дотитровують 1 н. розчином  $\text{NaOH}$  або  $\text{KOH}$ .

### **Опрацювання результатів**

Масову частку  $\text{CaCO}_3$  у вапняковому матеріалі обчислюють за формулою:

$$X = \frac{[27T_1 - (V_1 + V_2), T_2] \cdot 0,05 \times 100}{m}$$

де 27 - об'єм вихідного 1 н. розчину  $\text{HCl}$ , що відповідає аліквоті аналізованої проби (25 мл + 2 мл), мл;

$V_1$  - об'єм 1 н. розчину  $\text{NaOH}$ , витраченого на перше титрування, мл;

$V_2$  - об'єм 1 н. розчину  $\text{NaOH}$ , витраченого на друге титрування, мл;  $T_1$ , - поправка до титру з точністю до 1 н. розчину  $\text{HCl}$ ;  $T_2$ , - поправка до титру з точністю до 1 н. розчину  $\text{NaOH}$ ; 0,05 - маса  $\text{CaCO}_3$  що відповідає 1 мл 1 н. розчину  $\text{HCl}$ , г;  $m$  - маса наважки вапнякового матеріалу, що відповідає 50 мл фільтрату проби, г.

Для обчислення вмісту діючої речовини у вапнякових матеріалах, що виражається як частка  $\text{CaO}$ , користуються фактором перерахунку

$$f_{\text{CaO}/\text{CaCO}_3} = \frac{M_{\text{CaO}}}{M_{\text{CaCO}_3}} = \frac{56}{100} = 0,56$$

або, навпаки,

$$f_{\text{CaCO}_3/\text{CaO}} = \frac{100}{56} = 1,785$$

Наприклад, якщо обчислено, що 1 мл 1 н. розчину  $\text{HCl}$  відповідає 0,05 г  $\text{CaCO}_3$ , то для перерахунку на  $\text{CaO}$  потрібно

$$0,05 \times 0,56 = 0,028 \text{ г}$$

Якщо ж відомо, що у вапняковому матеріалі міститься 85 %  $\text{CaCO}_3$ , то для розрахунку вмісту  $\text{CaO}$  потрібно ,

$$85 f_{\text{CaO}/\text{CaCO}_3} = 85 \times 0,56 = 47,6 \text{ CaO.}$$

Дозу вапна ( $\text{CaCO}_3$ ) для нейтралізації кислотності ґрунту визначають за показником його гідролітичної кислотності, яку обчислюють за формулою

$$m_{\text{CaCO}_3} = \frac{H_{\text{г}} \times 50 \times 10 \times 3 \times 10^6}{10^9} = H_{\text{г}} \times 1,5$$

де  $H_{\text{г}}$  - гідролітична кислотність, мг-еквівалент  $\text{H}^+$  у 100 г ґрунту;  
50 - еквівалент  $\text{CaCO}_3$ ; 10 - коефіцієнт для перерахунку на 1 кг ґрунту;  
 $3 \times 10^6$  - середня маса орного шару ґрунту, кг;  $10^9$  - коефіцієнт для перерахунку маси  $\text{CaCO}_3$  з міліграмів на тонни.

Для перерахунку дози  $\text{CaCO}_3$  на масу вапнякового матеріалу потрібно знати вміст %  $\text{CaCO}_3$  (або %  $\text{CaO}$ ) у добриві та розрахункову дозу  $\text{CaCO}_3$ ; скориставшись пропорцією.

$$100 - (\% \text{CaCO}_3)$$

$$D - M_{\text{CaCO}_3},$$

$$\text{Дістанемо } D = \frac{100 m_{\text{CaCO}_3}}{(\% \text{CaCO}_3)}$$

де  $m_{\text{CaCO}_3}$  - розрахункова доза  $\text{CaCO}_3$  т/га; %  $\text{CaCO}_3$  – вміст  $\text{CaCO}_3$  у вапняковому матеріалі, %.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 10 АНАЛІЗ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

**Загальні вимоги до методів аналізу.** Пробу органічного добрива, що надійшла в лабораторію для аналізу, реєструють у лабораторному журналі, зазначаючи: номер: дату відбирання; дату надходження; вид добрива; місце відбирання; масу проби; спосіб зберігання добрива; масу добрива, від якого відібрано пробу. Пробу твердого органічного добрива масою не менше ніж 1 кг подрібнюють механічно, старанно перемішують і розподіляють на рівній поверхні шаром завтовшки не більше 1 см. З п'яти точок проби лопаткою або шпателем відбирають 0,5 кг органічного добрива, яке використовують для аналізу.

Пробу рідкого органічного добрива об'ємом не менше ніж 1 л перемішують за допомогою лабораторної мішалки і відбирають з трьох шарів порції по 150 - 200 мл кожна, перемішують їх і використовують для аналізу.

Пробу органічного добрива з вихідною вологістю зберігають у холодильнику не більше 1 місяця в поліетиленовому пакеті або склянці з притертою пробкою при температурі не вище 10 °С з додаванням для консервації 3 мл толуолу, змішаного з добривом.

Після визначення масової частки вологи, наважки органічного добрива подрібнюють на лабораторному млинку або у фарфоровій ступці, просіюють крізь сито з діаметром отворів 1 мм до повного проходження, вміщують у поліетиленові пакети або бокси.

Підготовлений так залишок наважки використовують для наступного аналізу.

Сухий залишок наважки органічного добрива допускається зберігати і використовувати для повторного аналізу не більше двох років.

Загальні форми азоту, фосфору і калію в органічних добривах допускається визначати послідовно в одній наважці.

Для приготування розчинів використовують дистильовану воду і реактиви ч. д. а.

Реактиви зважують з точністю до 0,001 г.

Розчини реактивів, що застосовуються в аналізі, мають бути прозорими, без осаду.

Розчин порівняння готують з одного розчину, відмірюючи різні його об'єми однією мірною посудиною.

Розчини реактивів додають у розчини порівняння, контрольні та аналізовані у послідовності, наведеній у методиці, старанно перемішуючи їх після додавання кожного реактиву.

Обєм бюретки не повинен перевищувати об'єм розчину, що використовується під час титрування, більше ніж у 5 разів.

При надходженні у лабораторію окремих проб органічних добрив (від 1 до 4) для кожної проби проводять по два паралельні визначення. За результат аналізу беруть середнє арифметичне результатів цих визначень.

При надходженні партій проб однотипних органічних добрив (5 і більше) для кожної проби проводять одне визначення.

Для контролю результатів аналізу відбирають кожну десятку пробу (але не менше 1) і для кожної з них проводять по два паралельні



визначення. Якщо допустимі розбіжності результатів двох паралельних визначень не перевищують значень, зазначених у відповідній методиці, при надійній ймовірності  $P = 0,95$ , результат одного визначення кожної проби вважають остаточним.

Правильність результатів аналізу контролюють за допомогою стандартних зразків, близьких за складом до аналізованих добрив, або методом домішок.

Результат аналізу подають у відсотках, округлюючи до десятих часток при визначенні вмісту загальних форм азоту, фосфору й калію, і до сотих часток - при визначенні масової частки золи, вологи і сухого залишку.

Результат аналізу органічних добрив, що перебувають у сухому стані, можна перерахувати на стан добрива з вихідною вологістю шляхом множення на коефіцієнт  $K$ , який визначають за такою формулою:

$$K = \frac{100 - X}{100}$$

де  $X$  - масова частка вологи, %.

Результат аналізу органічних добрив з вихідною вологістю можна перерахувати на сухий стан множенням на коефіцієнт  $K_1$ , який визначають за формулою

$$K_1 = \frac{100}{100 - X}$$

### **Хід роботи. Визначення масових часток вологи і сухого залишку.**

#### **Метод відбирання проб**

Відбирання проб проводять за стандартом з таким доповненням: з проби, підготовленої для аналізу, після ретельного перемішування не менше ніж із п'яти точок відбирають наважки масою по 15 - 20 г для визначення масової частки вологи, 150 - 200 г - для визначення масової частки сухого залишку. Зважування проводять з точністю до 0,1 г.

#### *Обладнання*

Сушильна електрична шафа типу ШС-40 або інший аналогічний пристрій, що забезпечує сталу температуру нагрівання 105 - 110 °С з похибкою не більше 2 °С; лабораторні терези 4-го класу точності з границею зважування 500 г, випарювальні фарфорові чашки № 1 - 4 для визначення масової частки вологи і № 5 - 6 для визначення масової

частки сухого залишку; алюмінієві бюкси з кришками висотою 40 і діаметром 50 мм для визначення масової частки вологи; водяна баня типу БКЛ або іншого типу; лабораторна мішалка типу ЛІМ або іншого типу; скляна паличка; склянки для зважування.

### Хід аналізу

**Визначення масової частки вологи.** Наважку добрива вміщують у попередньо висушену до сталої маси і зважену з точністю до 0,1 г фарфорову чашку або бюкс, ставлять у сушильну шафу, попередньо нагріту до температури 105 - 110 °С і сушать протягом 5 год. Потім чашку або бокс виймають з сушильної шафи, охолоджують на повітрі протягом 30 хв, уражують. Кожне наступне зважування проводять після висушування чашки з наважкою протягом 20 хв і охолодження.

Аналіз вважається закінченим, якщо розбіжність результатів ДВоХ останніх зважувань не перевищує 0,1 г.

**Визначення масової частки сухого залишку.** Наважку органічного добрива вміщують у фарфорову чашку, ставлять у водяну баню і випарюють досуха при періодичному перемішуванні скляною паличкою. Потім чашку переносять у попередньо нагріту сушильну шафу і висушують при температурі 105 - 110 °С до сталої маси. Перше зважування проводять через 1 год, повторне через 30 хв. Щоразу перед зважуванням чашку з наважкою охолоджують на повітрі протягом 30 хв.

Аналіз вважається закінченим, якщо розбіжність результатів двох останніх зважувань не перевищує 0,1 г.

### *Опрацювання результатів*

Масову частку сухого залишку добрива визначають за формулою 
$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100$$

де  $m_1$  - маса чашки з скляною паличкою та сухим залишком, г;

$m_2$  - маса чашки із скляною паличкою, г.

$m$  - маса наважки добрива, г.

Масову частку вологи обчислюють за формулами

$$X_1 = \frac{m_1 - m_2}{m}; \quad X_1 = 100 - X,$$

де  $m_1$  - маса чашки (бюкса) з наважкою добрива до висушування, г;  $m_2$

- маса чашки (бюкса) з наважкою добрива після висушування, г;

$m$  - маса наважки добрива, г;  $X$  - масова частка сухого залишку, %.

### **ПИТАННЯ ДО КОЛОКВІУМУ**

1. Добрива та їх класифікація
2. Роль азоту в житті рослин. Азот в ґрунтах України
3. Колооберт азоту. Динаміка азоту в ґрунті.
4. Вміст азоту в ґрунті.
5. Класифікація азотних добрив.
6. Нітратні добрива.
7. Амонійно-нітратні добрива.
8. Амідні азотні добрива.

9. Амонійні (аміачні) азотні добрива. Аміакати.
10. Роль фосфору в процесі росту та розвитку сільськогосподарських рослин.
11. Фосфор у ґрунтах.
12. Сировина для виробництва фосфорних добрив.
13. Фосфорні добрива, які розчинні в воді.
14. Фосфорні добрива, які нерозчинні в воді, але розчинні в слабких кислотах.
15. Фосфорні добрива, які нерозчинні в воді, погано розчинні в слабких кислотах.
16. Роль калію в житті рослин.
17. Калій в ґрунті.
18. Сировина для калійних добрив - калійні солі.
19. Взаємодія калійних добрив із ґрунтом.
20. Класифікації калійних добрив.
21. Концентровані калійні добрива.
22. “Сирі” калійні добрива
23. Сірчані добрива.
24. Борні добрива.
25. Мідні добрива.
26. Агрономічні та економічні засади використання комплексних добрив.
27. Визначення та класифікація комплексних добрив.
28. Складні комплексні добрива. Визначення та приклади.
29. Комбіновані комплексні добрива. Визначення.
30. Комбіновані комплексні добрива. Нітрофоски.
31. Комбіновані комплексні добрива. Кристалони.
32. Рідкі комплексні добрива. Визначення та приклади.
33. Суспендовані добрива.
34. Змішані (комбіновані) комплексні добрива - визначення та класифікація.
35. Органічні добрива – вплив на ґрунт та рослину. Недоліки органічних добрив. Класифікація органічних добрив
36. Підстилковий гній: виробництво, агрохімічні властивості. Особливості зберігання.
37. Безпідстилковий гній.
38. Пташиний послід як органічне добриво.
39. Торф як органічне добриво. Торф'яні компости
40. Сапропель як органічне добриво.
41. Особливості застосування соломи як органічного добрива.

42. Сидерати («зелені» добрива).
43. Біогумус (вермикомпост) як органічне добриво.
44. Бактеріальні азотні добрива – препарати бульбочкових бактерій.
45. Бактеріальні фосфорні добрива.
46. Система удобрення в сівозміні.
47. Наукові принципи зональних систем застосування добрив.
48. Способи закладення добрив в ґрунт.
49. Прийоми внесення добрив. Основне удобрення
50. Прийоми внесення добрив. Припосівне внесення
51. Критичні періоди в живленні озимої пшениці.
52. Основне, припосівне внесення добрив та підживлення посівів озимої пшениці.
53. Причини попадання поживних речовин в навколишнє середовище.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Органічні добрива : навч. посіб. / за ред. С. В. Журавля. Житомир : Вид-во Поліського ун-ту, 2020. 200 с.
2. Агрохімія : метод. рекомендації до виконання лаб. робіт для здобувачів ОПП Агрономія спец. 201-Агрономія / [уклад. : Л. В. Сало, Н. М. Трикіна] ; М-во освіти і науки України, Центральнуукраїн. нац. техн. ун-т, каф. заг. землеробства. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. 45 с.
3. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Київ: НАУ, 2021. 190 с.
4. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 560 с.
5. Господаренко Г. М. Удобрення сільськогосподарських культур. Київ : ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2016. 276 с.
6. Чорний С. Г. Основи агрономічної хімії. Миколаїв : МНАУ, 2022. 128 с.

Навчальне видання

## **АГРОХІМІЯ**

Методичні рекомендації

Укладач: **Кувшинова** Анна Олександрівна

Формат 60×84/16 Ум. друк. арк. 2,4  
Тираж 20. Зам. №\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.