

The background of the book cover features a complex molecular structure. It consists of a network of interconnected hexagonal and pentagonal rings, resembling a crystalline lattice or a complex organic molecule. The lines representing the bonds are in shades of green and blue, and the vertices are marked with small circles of the same colors. The overall pattern is dense and covers the entire right half of the image.

ПРАКТИКУМ З АГРОХІМІЇ

Г. М. ГОСПОДАРЕНКО

Маса середнього зразка залежить від виду продукції і необхідної кількості матеріалу для характеристики його хімічного складу та технологічних якостей. Наприклад, маса середнього зразка зернових і зернобобових культур повинна становити 1 кг, соломи з половиною – не менше 500 г.

Середні проби сіна і соломи відбирають вручну або спеціальним пробовідбирником не менше ніж з 8 місць партії (по 200–250 г з кожного місця). З партій пресованого сіна до 15 т разові проби відбирають з 5 тюків, а з партій 15–50 т – з 15 тюків. З цих проб після ретельного змішування складають загальну пробу, а потім середній зразок масою 0,5 кг.

Зразки зеленого корму відбирають під час скошування або випасання тварин. Для цього на типовій ділянці виділяють десять ділянок по 1 м², з яких у 10 місцях кожної ділянки відбирають разові проби, а з них потім складають загальний і середній зразки.

Зразки силосу та сінажу відбирають після закінчення процесу консервації (через 1–2 міс. після закладання) вручну перед їх використанням. Одну пробу відбирають по діагоналі сховища від кожних 400 т корму. Після формування середнього зразка його поміщають у поліетиленовий мішок або скляну банку з притертою пробкою і, якщо треба, консервують, доливаючи по 5 см³ суміші хлороформу з толуолом (1 : 1) на 1 кг корму.

Разові проби зерна з кузова автомобіля, вагонів і складів відбирають спеціальними шулами з різних місць на різній глибині насипу згідно з діючими інструкціями.

Проби картоплі відбирають з усього сховища, бурта або траншеї. Кількість разових проб для партій до 5, 20, 60 і 150 т становить відповідно 5, 10, 16 і 24 + 5 додаткових проб на кожні 50 т.

Термічна фіксація рослинного матеріалу. Рослинний матеріал подрібнюють до розміру 1–3 см, нещільно укладають у картонні коробки, витримують у сушильній шафі за температури 80 °С впродовж 30 хв, а потім висушують за 40 °С до повітряно-сухого стану. Під час висушування масу періодично розпушують. Повітряно-сухий матеріал подрібнюють і вміщують у скляні банки з притертими пробками.

Аналітичну пробу рослин відбирають з повітряно-сухої середньої (лабораторної) проби. Подрібнений і пропущений крізь сито з отворами 0,25 мм матеріал розподіляють тонким рівномірним шаром на пергаментному папері у вигляді квадрата. Потім по діагоналях його ділять на чотири трикутники і з двох протилежних матеріал відкидають. Залишок старанно перемішують, рівномірно розподіляють, проводять діагоналі і знову відкидають матеріал з двох протилежних трикутників. Цю операцію повторюють доти, поки на аркуші не залишиться стільки речовини, скільки її треба для аналітичної проби. Зразок переносять у склянку з притертою пробкою і зберігають упродовж тривалого часу, використовуючи для аналізів. Маса аналітичної проби для рослин може бути від 50 до кількох сотень грамів. Свіжі овочі, плоди подрібнюють на терках або інших подрібнювачах і проводять необхідні аналізи або їх консервування.

Визначення вмісту води і сухої речовини у рослинному матеріалі

Значення аналізу. Під час зберігання сільськогосподарських продуктів і кормів дуже важливо знати їх вологість. За підвищеної вологості вони псуються. Вміст води у рослинній масі треба також знати при хімічних аналізах з тим, щоб розрахувати вміст того або іншого елемента на суху речовину тощо.

Суть методу. На практиці вологість зерна часто визначають «на зуб» і дотик. Якщо зерно розламується зубами, то його вологість становить 13–14 %, коли зерно розминається між зубами, – вологість підвищена. В суху масу зерна рука проходить вільно, в сиру або вологу – з напруженням і на витягнутій руці затримуються окремі зернини.

У лабораторії вологість зерна і рослин визначають висушуванням наважки за температури 100–105 °С до сталої маси.

Матеріали та обладнання. Зразки свіжого рослинного матеріалу, терки, ножі, дерев'яні дошки, скляні бюкси, сушильна шафа, ексікатор з прожареним хлоридом кальцію, технічні терези.

Хід роботи. Наважку 15–20 г рослинної маси або зерна поміщають у сухий, попередньо важений відкритий бюкс і ставлять у сушильну шафу, в якій температура досягає 100–105 °С. Через 30 хв бюкс закривають кришкою, охолоджують в ексікаторі і зважують.

Після цього бюкс відкривають, знову ставлять його в сушильну шафу і висушують упродовж 1 год. Потім охолоджують і знову зважують. Так повторюють доти, поки різниця між останніми зважуваннями не перевищуватиме 0,02 г.

Опрацювання результатів. Вміст води у рослинній масі обчислюють за формулою

$$x = (a - b) \cdot 100 : a,$$

де x – вологість рослинної маси, %;

a – маса речовини до висушування, г;

b – маса речовини після висушування, г;

100 – коефіцієнт перерахунку у відсотки.

Вміст сухої речовини в рослинній масі визначають за рівнянням

$$y = b \cdot 100 : a \text{ або за різницею } y = 100 - x.$$

Коефіцієнт гігроскопічності рослинної маси розраховують за формулою

$$K = 100 (100 - x),$$

де K – коефіцієнт гігроскопічності;

x – вологість рослинної маси, %.

Перемноживши значення y на K , одержимо вміст сухої речовини у рослинному матеріалі.

2.3. Визначення вмісту сирової золи у рослинах методом сухого озолення

Значення аналізу. Вміст сирової золи у рослинах характеризує кількісне винесення елементів живлення з ґрунту або вміст мінеральних речовин у продуктах і кормах.

Залежно від ґрунтово-кліматичних умов, технологій вирощування, виду та віку сільськогосподарських культур і застосування добрив вміст золи може змінюватися від 0,5 до 7 %. Сира зола містить фосфор, сірку, калій, магній, кальцій, залізо та інші мікроелементи.

У складі сирової золи зерна хлібних злаків і кукурудзи переважає вміст калію і фосфору; в зерні бобових найбільший вміст кальцію. Різні частини зерна містять неоднакову кількість золи. Наприклад, у зерні жита її міститься 1,99 %, у тому числі в зародку – 5,54, ендоспермі – 0,65–0,70 і висівках – 7,19 %.

Визначення вмісту сирової золи та її складових частин проводиться з допомогою сухого або мокрого озолення. Озолення зазвичай застосовується як підготовчий етап для аналізу рослин на вміст у них макро- й мікроелементів різними методами.

Матеріали, обладнання, реактиви. Зразки повітряно-сухого матеріалу, терези аналітичні, муфельна піч, тиглі фарфорові, ексікатор, тигельні щипці.

Суть методу ґрунтується на озоленні рослинного матеріалу в муфельній печі за температури 520–550 °С (нагріта до темно-червоного жару) з наступним визначенням маси золи.

Хід роботи. Фарфорові тиглі нумерують 0,5%-м розчином хлориду заліза (III) (при цьому користуються тонко загостреним сірником) і прожарюють у муфельній печі 30–50 хв за температури 520–550 °С, охолоджують в ексікаторі і після зважування встановлюють їх сталу масу.

На аналітичних терезах зважують наважки (по 1–2 г) повітряно-сухого рослинного матеріалу з точністю до четвертого знака і поміщають їх у тиглі. Тиглі з рослинним матеріалом ставлять у холодну муфельну піч, включають електричний струм, поступово нагрівають її до 220–250 °С і витримують 1–1,5 год. Потім температуру доводять до 450–500 °С і матеріал озолують упродовж 3–4 год. З метою зменшення втрат фосфору і калію тиглі нагрівають лише до появи темно-червоного жару муфельної печі. Колір золи зазвичай світло-сірий або майже білий.

Закінчивши озолення, тиглі охолоджують в ексікаторі і зважують. Після повторного прожарювання в муфелі впродовж 15–20 хв визначають повноту згоряння органічних речовин.

Опрацювання результатів. Вміст сирової золи обчислюють за формулою

$$x = (a \cdot 100) : m,$$

де a – маса сирової золи, г;

m – маса повітряно-сухої речовини, г;

100 – число для перерахунку результатів у відсотки.

2.4. Ознайомлення з методами діагностики живлення рослин

Ефективність добрив залежить від потреби рослин в елементах живлення і здатності ґрунту задовольняти цю потребу на різних стадіях їх розвитку. Цей взаємозв'язок Д. М. Прянишников зобразив у вигляді відомого трикутника «ґрунт–рослина–добриво». Щоб визначити нормальність розвитку рослин і формування ними врожаю, широко застосовують методи рослинної діагностики. За допомогою цих методів установлюють закономірності надходження елементів живлення із зовнішнього середовища та їх використання разом із продуктами фотосинтезу в процесі відтоку речовин і формування врожаю.

План застосування добрив у господарстві розробляють на основі типових для регіону погодних умов. Однак погода часто буває нетиповою. Оскільки засвоєння елементів живлення, як відомо, тісно пов'язане з температурою, вологістю та іншими умовами зовнішнього природного середовища, то живлення рослин потрібно контролювати упродовж вегетації, відстежуючи ситуацію щодо кожного елемента: як нестачу, так і надлишковий вміст. Найчастіше це здійснюють лабораторними методами (систематичне відбирання зразків і проведення їх аналізу в лабораторії), польовими (визначення дефіциту живлення в полі візуальним оглядом рослин або за допомогою портативних приладів) та дистанційними (контроль розвитку рослин і визначення їх реакції на підживлення за допомогою сенсорів на полі або супутникових систем).

Методів рослинної діагностики є багато, зокрема: біометрична й морфологічна діагностика, фенологічні спостереження; візуальна діагностика; метод рослин-індикаторів; листові (тканинні) діагностика; хімічна діагностика; метод ін'єкцій та обприскування; функціональна діагностика; дистанційне зондування.

Аналіз рослин передбачає як швидку польову діагностику тканин, так і лабораторні дослідження складу елементів у рослинних зразках. В обох випадках вважають, що концентрація елементів у тканинах рослин пропорційна їх доступності в ґрунті і є показником його родючості. Візуальною діагностикою та дистанційним зондуванням нині неможливо визначати кількість елементів живлення в рослинах, оскільки вони ґрунтуються на залежності між кольором або показником росту рослин та родючістю ґрунту.

Польові методи – це насамперед візуальний огляд рослин, а в деяких випадках ще й використання приладів, які полегшують і пришвидшують цей процес. За допомогою **біометричної та морфологічної діагностики і фенологічних спостережень** реєструють зміни росту рослин, пов'язані з утворенням тих або інших органів – листків, стебел, квіток, плодів.

Припинення росту і розвитку (безсумнівно) – основна причина великих втрат урожаю. Порушення росту й розвитку культури спостерігається за зовнішнім виглядом рослин загалом і за площею листків. У разі виявлення вад розвитку листків важливо звернути увагу на такі чинники: де чіткіші ознаки порушення розвитку – на молодих чи на старих листках; чи ознаки мають вигляд хлорозу (жовкнення) і де він виявився – у

прожилках листків, по краях чи рівномірно по поверхні у вигляді некрозу тканин та яка закономірність розподілу хлорозних плям, чи у вигляді таких деформацій листка, як чашоподібність, скрученість, ущільненість. Інші ознаки, на які потрібно враховувати: тріщини і ламкості, порожнистість, коричневі вологі плями на стеблах і коренях, нетиповість квіток і плодів, особливості розвитку рослин – нехарактерна піднятність або вкорочення міжвузлів, плямистість.

Простим і поширеним є метод *візуальної діагностики*. Він ґрунтується на виявленні зміни зовнішнього вигляду рослини або окремого її органа за нестачі або токсичного надлишку того чи іншого елемента живлення, що виявляється у зміні забарвлення та форми листків, появі на них плям, смуг, порушенні нормального розвитку органів тощо. Ознаки дефіциту залежать і від ступеня рухливості елемента в рослині. Якщо він здатний переміщуватися зі старіючих у молоді частини рослини (реутілізуватися), то ознаки дефіциту спочатку з'являються на старих тканинах. Подібне спостерігається у разі дефіциту азоту, фосфору, калію, магнію. Є також елементи живлення, які в рослині утворюють міцні хімічні зв'язки і повторно не використовуються (кальцій, сірка, всі мікроелементи). Тому їх нестача насамперед помітна на молодих тканинах. Дуже часто ці прояви досить специфічні. Наприклад, нестача фосфору на кукурудзі легко діагностується за синьо-фіолетовим забарвленням листків. Дефіцит заліза на плодівих культурах і винограді спричинює дуже характерне міжжилкове жовкнення листків (залізний хлороз), нестача кальцію на помідорові й перці призводить до появи верхівкової гнилі.

Таких типових ознак є дуже багато для кожного елемента на всіх рослинах (табл. 1).

Для основних сільськогосподарських культур складено кольорові атласи-визначники, довідники і навіть електронні програми ознак дефіциту елементів живлення, за допомогою яких визначення можна провести швидко і без помилок. Проте слід пам'ятати, що візуальна діагностика буває досить складною, оскільки зовнішні зміни рослин можуть зумовлюватись дефіцитом не одного, а кількох елементів живлення, іноді їх можна сплутати з ознаками інфекційних захворювань або фізіологічних порушень. Основним недоліком цього методу є те, що він дає запізнілі дані. Якщо з'являються зовнішні ознаки мінерального голодування, то в рослині вже можуть відбутися незворотні зміни обміну речовин, які спричиняють зниження продуктивності, а іноді й загибель рослин. Тому таке визначення варто розцінювати не як основну практику керування мінеральним живленням рослин, а як засіб додаткового контролю, сигнал для швидкого реагування на раптово виявлену проблему.

Прилад для швидкого і точного визначення вмісту елементів живлення в рослинах безпосередньо в полі – давня мрія агрономів. Нині це вже стало реальністю для азоту. Такий прилад має назву *N-тестер*.

Таблиця 1. Візуальні ознаки дефіциту елементів живлення в рослин

Ознака	Елемент живлення										
	N	P	K	B	S	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo	Mg
Жовкнення молодих листків					•	•	•				
Жовкнення середніх листків										•	
Жовкнення старих листків	•		•						•		•
Жовкнення між жилками					•	•					•
Листки загортаються догори									•		•
Листки загортаються донизу			•					•			
Крайові опіки молодих листків				•							
Крайові опіки старих листків	•								•		
Молоді листки зім'яті			•	•					•	•	
Омертвіння тканин			•			•	•		•		•
Темно-зелений / фіолетовий колір рослин		•									
Світло-зелений колір листків	•				•					•	
Плями на листках									•		
Рослини витягнуті	•				•						
М'які стебла	•		•								
Тверді / ламкі стебла		•	•								
Відмирання паростків			•	•							
Чахий ріст коренів		•									
Пониклі листки								•			

Між вмістом азоту та хлорофілу в листках існує тісна кореляційна залежність. Інтенсивність зеленого забарвлення листків залежить від вмісту хлорофілу, отже, вказує на забезпеченість рослин азотом. На цій основі розроблено портативні N-тестери. Фактично вимірюється не вміст азоту, а концентрація хлорофілу в листках. Для багатьох культур встановлено певну кореляцію між цими показниками, тому саме для них розроблено таблиці інтерпретації отриманих даних, які дають змогу визначити потребу і розрахувати потрібну кількість азотних добрив для підживлення рослин задля отримання запланованого врожаю. Вада приладу полягає в тому, що не завжди бліде забарвлення листків пов'язане з дефіцитом азоту. Так, за дефіциту сірки й ураження деякими хворобами першими жовкнуть не нижні листки, а верхні. Інфекційний хлороз рослин спричинюють віруси (наприклад, верхівковий хлороз тютюну і махорки, хлороз малини), гриби та інші мікроорганізми. Переносниками його збудників часто є шкідники (трипси, попелиці). Неінфекційний хлороз виникає за несприятливих ґрунтових і погодних умов. Зазвичай це залізний або кальцієвий хлороз рослин, на який вони хворіють на карбонатних (лужних) ґрунтах. Трапляються також магнієвий, цинковий та інші хлорози. За різних хлорозів листки жовкнуть по-різному: з'являються плями, спочатку жовкнуть нижні або верхні листки, або лише міжжилкові ділянки. Без лабораторних

досліджень точно встановити, чого саме не вистачає рослині, неможливо.

Едафічний хлороз спричинюють несприятливі умови – підвищений вміст карбонатів у ґрунті, які порушують засвоєння заліза і блокують його переміщення в рослині; надмірна вологість; надмірне засолення ґрунту; порушення оптимального вмісту в ґрунті окремих елементів живлення – міді, мanganу, фосфору та ін.

Оскільки різні види і сорти рослин різняться за вмістом хлорофілу, виміряні показники потрібно уточнювати. Не можна користуватися показами приладу за нестачі сірки, магнію і за стресу від нестачі вологи (в'янення рослин, закручування листків). На результати вимірювань не впливають час дня, покриття листків засобами захисту рослин або вологою (дощ, роса). Вимірювання (щонайменше 30 вимірів у різних точках поля) проводять на наймолодших, повністю розвинених листках у відповідну фазу розвитку рослин.

Метод рослин-індикаторів. Відомо, що потреба різних видів рослин в елементах живлення неоднакова. Є види рослин, які чітко реагують на нестачу доступних форм елементів живлення в ґрунті: азоту – капуста білоголова, смородина чорна; фосфору і сірки – бруква, агрус; калію – картопля, порічки; бору – помідор, яблуня; кальцію – капуста цвітня, агрус; магнію – капуста цвітня; мanganу – овес, буряк цукровий, малина; натрію – буряк цукровий. На цій основі розроблено метод рослин-індикаторів: у посіві висаджують кілька таких рослин і за особливостями їх росту й розвитку роблять висновок, чи добре ґрунт певного поля забезпечений тим або іншим елементом живлення. Так, нестачу азоту і калію на полі для зернових культур легко розпізнати за допомогою кукурудзи. Припускають, що дані про дефіцит елементів живлення, отримані із застосуванням кукурудзи, можна використовувати й щодо інших культур сівозміни.

Лабораторні методи, безперечно, є найнадійнішими методами визначення вмісту елементів живлення в рослині, зокрема листкова діагностика. Оперативнішим є метод **хімічної діагностики** – хімічний аналіз проб рослин за фазами їх розвитку на вміст азоту і зольних елементів після озолення сумішшю кислот і пероксиду водню. Це швидкий (зазвичай триває 2–3 доби) й, безперечно, найточніший аналіз. В його основу покладено закон мінімуму: в яких елементах живлення рослина відчуває найгостріший дефіцит, тими й насамперед необхідно підживлювати. При цьому важливо правильно відібрати зразки рослин для аналізу:

- відбір проводять у суху погоду, проте до настання спеки;
- для визначення різних елементів живлення беруть різні частини рослин (наприклад, вміст фосфору визначають в усій надземній частині, сірки – лише у молодих листках);
- потрібно відбирати частини рослин залежно від стадії розвитку культури;
- індикатором може бути не весь орган рослини, а його частина (наприклад, для визначення деяких елементів вирізають кружечок тканини у зоні центральної жилки, для інших – з периферії листка).

Хімічний склад різних видів рослин неоднаковий і залежить від кількості, форм і способів внесення добрив, доступності елементів живлення

ґрунту. Вміст хімічних елементів у рослинах та окремих їх органах визначається також генетичними особливостями рослин, фізіологічним станом їх органів і тканин. Як видно з даних табл. 2, між видами рослин існує значна відмінність у вмісті елементів, що пояснюються специфічними вимогами їх до умов мінерального живлення.

Таблиця 2. Усереднений вміст елементів живлення в садових культурах (Й. Байер, В. Байерова, Й. Корим, 1985), % у перерахунку на суху речовину

Культура	Частина рослини і фаза розвитку	Елемент живлення				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Капуста цвітня	Повністю розвинутий листок при утворенні головки	3,75	1,40	4,02	3,85	0,42
Капуста білоголова	Молоді покривні листки	3,50	0,92	4,20	3,50	0,58
	Головка при збиранні	2,90	1,06	3,91	0,94	0,36
Капуста червоноголова	Головка при збиранні	3,85	1,01	3,64	1,09	0,30
	Покривні листки при збиранні	2,50	0,76	2,29	5,77	0,70
	Стебла та корені при збиранні	2,30	0,85	1,69	0,74	0,35
Морква	Коренеплід при збиранні	1,28	0,60	2,22	0,63	–
	Листки при збиранні	2,40	0,48	3,04	0,41	–
Буряк столовий	Коренеплід при збиранні	1,09	0,36	1,97	0,37	–
	Листки при збиранні	2,15	0,44	2,12	0,37	–
Огірок	Надземна маса: у фазу 4-х листків	4,75	1,15	3,89	–	–
	на початку цвітіння	3,95	1,01	3,04	–	–
Цибуля	Цибулина при збиранні	2,02	0,62	1,55	0,98	–
	Перо при збиранні	2,23	0,51	1,37	3,50	–
Салат головчастий	Надземна маса при збиранні	5,25	2,41	8,46	2,31	1,05
Шпинат	Сформовані листки через 40 діб після сходів	4,7	1,22	5,46	1,26	2,82
Яблуня	Сформовані листки у кінці липня – на початку серпня	2,0	0,41	1,68	1,86	0,37
	Плоди при збиранні	0,40	0,46	1,44	–	–
	Листки при збиранні	2,30	1,03	1,92	–	–
Груша	Плоди при збиранні	0,41	0,57	1,32	–	–
	Листки при збиранні	2,25	0,74	1,80	–	–
Черешня (вишня)	Плоди при збиранні	1,10	1,03	1,84	–	–
	Листки при збиранні	2,00	0,94	2,06	–	–
Слива	Плоди при збиранні	0,70	0,69	1,69	–	–
	Листки при збиранні	3,00	1,38	4,80	–	–
Суниця	Листки при цвітінні	2,40	0,69	0,84	1,26	0,66
	Плоди при збиранні	1,40	1,59	3,26	–	–
	Листки при збиранні	2,63	1,45	3,22	–	–
Агрус	Плоди при збиранні	0,74	1,47	3,07	–	–
	Листки при збиранні	2,50	1,72	2,40	–	–
Смородина	Плоди при збиранні	1,64	1,26	5,68	–	–
	Листки при збиранні	2,80	2,53	0,96	–	–

Розрахунок доз добрив на основі польових дослідів з урахуванням умісту в ґрунті рухомих сполук елементів живлення

Культура сівозміни	Рекомендовані дози добрив, кг/га			Вміст рухомих сполук у ґрунті, мг/кг			Поправкові коефіцієнти на агрохімічну групу ґрунту до доз добрив			Установлена доза добрив, кг/га		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O

3.2. Визначення доз добрив на запланований приріст урожаю сільськогосподарських культур

Матеріали. Дані про фактичну врожайність культур за останні 3 роки, заплановану врожайність, нормативи виведення елементів живлення на створення одиниці основної і нетоварної продукції, поправкові коефіцієнти на родючість ґрунту, коефіцієнти використання елементів живлення з внесених добрив окремими культурами.

Дозу добрив для одержання запланованого приросту врожаю обчислюють за формулою

$$D = \frac{(B_n - B_f) \times VK_r \times 100}{K_d}$$

де D – доза добрива (N, P₂O₅, K₂O), кг/га;

B_n – запланована врожайність, т/га;

B_f – фактична врожайність за останні три роки, т/га;

B – виведення елемента живлення основною з відповідною кількістю нетоварної частини урожаю, кг/т;

K_r – поправкові коефіцієнти на родючість ґрунту (дуже низька – 1,5; низька – 1,3–1,5; середня – 1,0; підвищена – 0,5–0,7; висока – 0,3);

K_d – коефіцієнт використання рослинами елемента з добрив.

3.3. Визначення доз добрив за нормативами витрат елементів живлення на одиницю врожаю і на одиницю приросту врожаю

Матеріали. Дані про фактичну врожайність культур за останні три роки, заплановану врожайність, нормативи витрат елементів живлення добрив на створення врожаю і приросту врожаю, поправкові коефіцієнти на вміст рухомих сполук елементів живлення в ґрунті.

Кожен студент одержує завдання для розрахунків доз добрив на планову врожайність відповідних культур. Користуючись нормативами витрат елементів живлення добрив на формування врожаю і приросту врожаю (див. табл. 2) і поправковими коефіцієнтами на вміст рухомих сполук елементів живлення в ґрунті (див. підрозділ 3.1, табл. 3), розрахунки проводять за формулами.

Для проведення таких розрахунків потрібно знати врожайність культури, яку забезпечує на певному полі природна родючість ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1. Розрахунок доз добрив під пшеницю озиму для отримання приросту врожайності 2,0 т/га (за врожаєм без внесення добрив 3,0 т/га)

№ з/п	Показник	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Виведення з 1 т зерна і відповідною кількістю соломки, кг	30	10	20
2	Виведення з 2,0 т запланованого приросту врожайності зерна, кг (гр. 1 × 2)	60	20	40
3	Коефіцієнт використання елементів живлення з мінеральних добрив, %	60	25	70
4	Потрібно внести з мінеральними добривами, кг/га (гр. 2 × 100 : гр. 3)	100	80	57
5	Вміст елементів живлення в мінеральних добривах, %	34	20	57
6	Доза різних форм добрив, ц/га (гр. 4 : гр. 5)	2,9	4,0	1,0

За такого розрахунку не потрібно знати коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту, але при цьому можна вводити коефіцієнти до доз добрив з урахуванням забезпеченості ґрунту рухомими сполуками елементів живлення за даними картограм. Отже, цей розрахунок також орієнтовний.

Визначення доз добрив за нормативами витрат елементів живлення на одиницю врожаю і на одиницю приросту врожаю. Цей метод є одним з найточніших, оскільки належить до прямих. Його основою є результати польових дослідів з добривами, проведеними науково-дослідними установами України (табл. 2).

За використання нормативів витрат добрив на одиницю врожаю дозу азоту, фосфору і калію розраховують окремо для кожного елемента за формулою

$$D = U \cdot B_1 \cdot K,$$

де D – доза азоту, фосфору і калію для вирощування планової врожайності, кг/га;

U – планова врожайність культури, т/га;

B₁ – нормативні витрати елементів живлення (азоту, фосфору, калію) для вирощування одиниці врожаю, кг/т;

K – поправковий коефіцієнт на вміст рухомих сполук елементів живлення у ґрунті (окремо для кожного елемента).

Формула для розрахунку доз добрив за нормативами витрат на одиницю приросту врожаю

$$D = U_n \cdot B_2 \cdot K,$$

де U_n – плановий приріст урожайності за рахунок добрив, т/га;

B₂ – нормативні витрати елементів живлення на одиницю приросту врожайності, кг/т.

Таблиця 2. Нормативи витрат елементів живлення добрив на формування врожаю й приросту врожаю

Культура	Витрати елементів живлення (кг/т) на формування					
	врожаю			приросту врожаю		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Пшениця озима	19,0	18,0	13,0	93,0	86,0	85,0
Ячмінь ярий	20,0	21,0	16,0	86,0	91,0	72,0
Овес	20,0	18,0	16,0	70,0	63,0	56,0
Кукурудза	17,0	16,0	14,0	84,0	79,0	71,0
Гречка	34,0	41,0	34,0	116,0	140,0	116,0
Просо	19,0	15,0	14,0	84,0	69,0	61,0
Горох	16,0	23,0	23,0	76,0	105,0	105,0
Льон-довгунець	51,0	105,0	125,0	148,0	308,0	363,0
Буряк цукровий	3,7	3,7	4,1	11,1	11,6	12,1
Соняшник	29,0	34,0	22,0	165,0	194,0	132,0
Соя	26,0	34,0	21,0	156,0	203,0	124,0
Картопля (зрошувана)	4,4	3,9	4,9	15,2	13,4	16,9
Капуста	3,1	2,2	2,1	7,0	5,1	4,8
Огірок	3,9	4,5	3,6	14,7	17,1	13,6
Помідор	2,3	2,3	1,2	5,9	5,9	3,1
Буряк столовий	2,3	1,8	1,8	5,4	5,4	5,4
Морква столова	2,3	1,8	2,2	7,0	5,5	6,6
Цибуля	4,5	4,3	3,7	19,1	18,4	15,8

3.4. Визначення потреби у добривах на заплановану врожайність на основі винесення елементів живлення та коефіцієнтів їх використання з ґрунту й добрив

Матеріали. Картограми полів з вмістом N, P₂O₅, K₂O, кислотністю ґрунту; планова врожайність для окремих культур; дані винесення основних елементів живлення сільськогосподарськими культурами на одиницю врожаю; коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту і добрив.

Кожен студент одержує завдання для розрахунків доз добрив на планову врожайність відповідної культури.

За довідником визначають винесення елементів живлення запланованим урожаєм. За даними картограм визначають наявність елементів живлення в ґрунті та у відповідності з коефіцієнтом їх використання обчислюють, скільки кожного елемента ґрунту буде використано для створення врожаю.

Користуючись коефіцієнтами використання елементів живлення з органічних і мінеральних добрив, визначають потребу в них для одержання запланованого врожаю.

Записи ведуть за приведеною формою табл. 1.

Таблиця 1. Розрахунок доз добрив на врожайність пшениці озимої 7,0 т/га

№ з/п	Показник	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Винос на 1 т зерна і відповідної маси соломи, кг	30	10	20
2	Винос запланованим урожаєм зерна (гр.1 × урожайність 7,0 т/га)	210	70	140
3	Вміст елементів живлення в ґрунті, мг/кг	100	100	140
4	Запаси елементів живлення в ґрунті, кг/га (гр. 3 × 3)	300	300	420
5	Коефіцієнт використання елементів живлення з ґрунту, %	35	15	20
6	Буде використано рослинами елементів живлення з ґрунту, кг/га (гр. 4 × гр. 5 : 100)	105	45	84
7	Нестача елементів живлення, яку потрібно внести з мінеральними добривами, кг/га (гр. 2 – гр. 6)	105	25	56
8	Коефіцієнт використання елементів живлення з мінеральних добрив, %	60	25	70
9	Потрібно внести елементів живлення з мінеральними добривами, кг/га (гр. 7 × 100 : гр. 8)	175	100	80

Слід зазначити, що ця група методів для розрахунку перспективна насамперед в умовах достатнього зволоження і зрошення, де лімітуючим чинником в отриманні високих і стійких урожаїв є нестача елементів живлення в ґрунті, а забезпеченість господарства добривами досить висока (не менш як 150 кг/га д. р.).

Дози елементів живлення за їх винесенням із запланованим урожаєм розраховують за такою формулою:

$$D = \frac{100 \times Y \times B - C \times K_f}{K_d}$$

де D – пошукова доза N, P₂O₅ і K₂O, кг/га;

Y – запланована врожайність, т/га;

B – винесення елемента живлення 1 т продукції, кг;

C – запас рухомих сполук елемента живлення в ґрунті, кг/га;

K_f – коефіцієнт використання елемента живлення з ґрунту, %;

K_d – коефіцієнт використання елемента живлення з добрив, %.

Для використання цього методу потрібно знати:

1) винесення елементів живлення з урожаєм культури;

2) вміст рухомих сполук елементів живлення в ґрунті;

3) коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту і добрив;

4) масу орного шару ґрунту, для якого проводять розрахунок вмісту в ґрунті рухомих сполук елемента живлення.

Орієнтовні коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту і добрив наведено в табл. 2 і 3, а винесення елементів живлення одиницею продукції – в табл. 4.