**Діагностика живлення рослин і визначення потреби в добривах**

## Методи діагностики живлення рослин

Свого часу К. А. Тимірязєв писав: "Усі завдання агрономії, якщо вникнути в їхню сутність, зводяться до визначення і, по можливості, своєчасного забезпечення правильного живлення рослин". Тому одним із найдоступніших чинників регулювання росту й розвитку рослин є зміна їх мінерального живлення. Це можливо лише за належної діагностики живлення рослин, тобто завчасного виявлення нестачі чи надлишку елементів живлення.

За постійного сільськогосподарського використання ґрунтів без достатнього внесення добрив вони виснажуються і створюється дефіцит елементів живлення. Щоб мати високу продуктивність культур, потрібно враховувати запаси рухомих сполук елементів живлення в ґрунті, а їх дефіцит компенсувати потрібною нормою добрив.

Основою для планування системи удобрення є аналіз вмісту в ґрунті доступних для рослин елементів живлення. Дані аналізів ґрунту під час вегетації мають серйозні обмеження для планування удобрення культури: вони вказують лише на можливу доступність елементів живлення з ґрунту, але не дають відповіді, як і в якій кількості вони використовуватимуться певними видами 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 даного 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; листкова (тканинна) діагностика; хімічна діагностика; метод ін'єкцій та обприскування; дистанційне зондування.

Аналіз рослин включає 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, так як 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 по зовнішньому вигляду рослини загалом і по площі листка. 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 (пожовкнення) 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 звертати увагу: тріщини і ламкість, порожнистість, коричневі вологі плями на стеблах і коренях, нетиповість квіток і плодів, особливості розвитку рослин – нехарактерна піднятість 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 перемішуватися зі старіючих у молоді частини рослини (реутилізуватися), 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 плодових культурах і винограді спричинює дуже характерне міжжилкове пожовкнення 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.

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.

Між вмістом азоту і 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 азот)'. 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, мангану, 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 цвітна, агрус; *магнію* – капуста цвітна; *мангану* – 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 стосовно 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 її насамперед необхідно підживлювати. При цьому важливо правильно відібрати зразки рослин для аналізу:

* відбір проводять у суху погоду, але до настання спеки;

• для визначення різних елементів живлення беруть різні частини рослин (наприклад, вміст фосфору визначають в усій надземній частині, сірки – тільки в 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 в 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.

Хімічні зміни в тканинах у часі відбуваються першими, тому вони можуть бути основою експрес-діагностики. Принцип аналізу рослинних тканин (зазвичай листків, звідси термін – листкова діагностика) ґрунтується на тому, що зі збільшенням кількості доступних форм елементів живлення в ґрунті зростає їх вміст у рослинах. За низького вмісту в тканині окремого елемента ріст рослин уповільнюється, а збільшення його вмісту сприяє ліпшому росту й підвищенню врожаю. Проте ця залежність не лінійна.

За дефіциту окремого елемента навіть невелике збільшення його вмісту в тканині після внесення добрив значно поліпшує ріст і підвищує врожай, але на певному рівні наступне збільшення вмісту елемента живлення вже майже не впливає на ріст, а отже, і на врожай. Цей вміст відповідає оптимальному рівню забезпечення. Перехід від нестачі до оптимуму характеризують терміном "критична концентрація" певного елемента. ***Критична концентрація*** – це виявлена в тканині концентрація елемента, за якої відбувається нормальний розвиток рослин, але нижче від якої елемент стає дефіцитним і ріст рослин сповільнюється. Саме критичну концентрацію слід брати до уваги, плануючи внесення добрив. Подальше збільшення норми добрив майже не впливає на ріст, може призводити до надмірного поглинання елемента. А надлишок будь-якого елемента в тканині зазвичай порушує обмін речовин і знижує врожайність. Для макроелементів токсичний рівень майже не досягається, а для мікроелементів трапляється досить часто. Так, оптимальна концентрація міді в тканинах становить 4–15 мкг/г маси сухої речовини. За концентрації < 4 мкг/г спостерігається її дефіцит, за > 20 мкг/г – у багатьох рослин починається токсикоз. Критична концентрація різних елементів живлення не є сталою і змінюється залежно від виду рослини, її органа й особливо від фізіологічного віку.

***Метод листкової (тканинної) діагностики*** відрізняється оперативністю у поєднанні з достатньою точністю. Експрес-аналізи рослин проводять в умовах хімічної лабораторії або в польових умовах, застосовуючи міні-лабораторії та прилади для експрес-аналізів. При цьому контролюють вміст неорганічних сполук азоту, фосфору, калію, магнію та інших елементів на свіжих зрізах рослин, у краплі соку (експрес-методи Церлінг і Магницького) або у витяжках з рослин (дистильована вода, ацетатний буферний розчин, 2%-й розчин оцтової кислоти). Методи листкової діагностики постійно вдосконалюються. До них широко вдаються фермери багатьох країн світу. Із досвіду застосування цього методу відомо, що хімічний склад соку рослин істотно змінюється залежно від віку рослин, розміщення листків на рослині та метеорологічних умов. Тому листкову діагностику проводять для визначення потреби рослин у позакореневому підживленні, але вона є не надійною для розроблення системи удобрення.

*Методи ін'єкції та обприскування* – це по суті мікропольові досліди з добривами, оскільки їх безпосередньо проводять на рослинах у полі або в саду. Об'єктом дослідження можуть бути рослини, частини рослин (наприклад, гілки) і навіть листки, решта – призначена для контролю. Повторність не менш як 10-разова.

Суть методу полягає в тому, що слабкий розчин будь-якого елемента, нестача якого передбачається, наносять на рослину, роблять ін'єкції в стовбур, стебло, гілку чи жилку листка або обприскують рослину чи її частини певним розчином. За допомогою цього методу через кілька діб можна виявити, яких саме елементів потребує рослина. Він дає змогу швидко і просто виявити потребу у важкодіагностованих мікроелементах, а також швидко (3–15 діб) встановити причини порушення живлення і тим самим встигнути виправити їх. У цьому разі використовують той факт, що добрива, які надходять через корінь, повільно дають видиме візуальне поліпшення стану розвитку рослини порівняно з елементами живлення, що були введені безпосередньо в надземну частину. Крім того, значно складніше виявити зміни на всьому масиві – полі чи саду, ніж на частинах його або на окремих дослідних рослинах.

Особливо ефективний цей метод для діагностування багаторічних рослин, а також у садах і ягідниках.

До основних елементів діагностики цим методом належать такі: 1) введення розчину елементів живлення в середину надземної частини рослини; 2) спостереження і порівняння змін в обробленій рослині з необробленими рослинами того самого насадження або посіву.

Розробляти цей метод розпочав у 1931 р. Дж. П. Бенкет (США), а завершив у 1938 р. В. А. Роуч. Нині його широко використовують для діагностування як деревних і кущових, так і польових сільськогосподарських культур.

Варіантах застосування цих методів дуже відрізняються, але всі їх можна поділити на дві групи:

* 1) ін'єкції з введенням через прокол поживного розчину в провідну систему стебла, гілки або листка;
* 2) обприскування, намащування та інші способи нанесення на листки поживного розчину, що проникає через поверхневі тканини листків. Зазвичай у надземні частини рослини вводять розчин якогось одного елемента живлення, щоб виявити нестачу або надлишок саме того елемента, який є причиною захворювання рослини. На основі отриманих даних вирішують питання потреби внесення відповідних добрив.

Концентрація елемента живлення, який вводять у рослину, невелика, бо за такого способу внесення навіть невеликий надлишок того чи іншого елемента може призвести до пригнічення росту й розвитку рослин. Застосовують такі концентрації розчинів:

|  |  |
| --- | --- |
| FeCl3 – 0,25%-й розчин (за Fe); | Фосфор – 0,5%-й розчин NaH2PO4; |
| KMnO4 – 0,05%-й розчин (за Mn); | Калій – 1%-й розчин КС1; |
| Н3ВО3 – 0,02%-й розчин (за В); | СаС12 – 1%-й розчин СаС12; |
| Азот – 0,2%-й розчин CO(NH2)2; | MgSO4 – 0,5%-й розчин MgSO4. |

***Фітомоніторинг***– по суті діалоговий режим роботи з рослиною. Ніхто не знає потреб рослини краще, ніж вона сама. Станція фітомоніторингу – це комплект сенсорів, які встановлюють безпосередньо на органи рослин (стебло, листки, плоди). Через кожні 20 хв сенсор фіксує найменші зміни біометричних параметрів рослини: діаметра стебла, розміру плода, температури листків тощо і передає ці дані через Інтернет на комп'ютер користувача. Проаналізувавши дані, можна простежити настільки швидко й динамічно розвивається рослина, виявити реакції на будь-яке втручання в її розвиток. Для цього, наприклад, на одній експериментальній ділянці проводять підживлення, а на іншій – ні. Якщо рослина на нього реагує, то це є доказом ефективності такого заходу на всьому полі. Ця діагностична можливість – задавати рослині питання й отримувати відповідь уже на 2-3-тю добу має назву "діалоговий режим роботи з рослиною".

За допомогою таких сенсорів можна безпосередньо керувати мінеральним живленням рослин, зрошенням, визначати доцільність проведення будь-яких агротехнологічних заходів.

# Дистанційне зондування

Пристрої, які найчастіше використовують для дистанційного зондування, мають камеру та інші системи відображення, встановлені на літаках чи супутниках, а також сенсори, встановлені на сільськогосподарських машинах (тракторах, агрегатах для внесення добрив), великих стаціонарних конструкціях (іригаційні системи, стовпи ліній електропередач тощо). Сенсорні пристрої обробляють електромагнітну енергію, яку випромінює або відбиває поверхня рослини чи ґрунту, і перетворюють на певну інформацію, яку можна використовувати для оцінювання стану посівів і родючості ґрунтів.

Зондування культур під час вегетації сприяє зменшенню заздалегідь запланованої норми внесення добрив або вказує на потребу додаткового підживлення культур у разі дефіциту елементів живлення.

Мета методів ґрунтової і рослинної діагностики, які є складовими комплексної діагностики живлення – забезпечення постійного контролю за умовами вирощування й коригування живлення рослин у процесі вегетації, що сприяє ефективнішому використанню елементів живлення з ґрунту і добрив.

Вибір методів діагностики або їх поєднання визначається можливостями і потребами господарства. При цьому потрібно враховувати:

* 1) для рослин характерна впорядкованість процесів життєдіяльності;
* 2) умови вирощування значно впливають на темпи росту й розвитку рослин;
* 3) порушення живлення насамперед впливає на розвиток вегетативних органів та їх хімічний склад, що, у свою чергу, змінює хімічний склад репродуктивних органів;
* 4) як нестача, так і надлишок багатьох елементів живлення порушує процеси біосинтезу та обміну речовин у рослинах;
* 5) якщо відома функція елемента, то можна керувати його участю в живленні рослин за допомогою добрив;
* 6) за додаткового внесення елемента живлення разом із підвищенням урожаю змінює не лише його вміст у рослині, а й інших елементів;
* 7) під час розкладання органічних сполук утворюються мінеральні речовини, які впливають на забезпеченість рослин елементами живлення;
* 8) коригування живлення рослин на ранніх етапах їх розвитку дає більший ефект, ніж на пізніх;
* 9) кількість опадів і вміст у ґрунті доступної вологи.
* Отже, діагностика живлення рослин має важливе, але все ж таки допоміжне значення в забезпеченні оптимального живлення сільськогосподарських культур.
* Головним було і залишається складання плану застосування органічних і мінеральних добрив на основі точного і розгорнутого аналізу ґрунту, їхнього розрахунку на запланований урожай та його якість з урахуванням особливостей сортів чи гібридів культури, кліматичних умов регіону. Спостереження за динамікою засвоєння цих елементів упродовж вегетації – це перевірка коректності проведених розрахунків, а також можливість встановити відхилення від очікуваних результатів та відреагувати на них додавання рослинам потрібних елементів живлення.

# Способи визначення норм добрив

У результаті тривалих наукових досліджень і практики виробництва в Україні сформовано основні методичні принципи реалізації потенціалу продуктивності сільськогосподарських культур. Вони включають освоєння зональних систем землеробства, що відповідають природно-кліматичним умовам зон, структурі посівних площ і сівозмінам, системі обробітку ґрунту, внесенню потрібної кількості добрив і меліорантів, вирощуванню інтенсивних сортів і гібридів, ефективному захисту посівів від шкідливих організмів (бур'янів, шкідників і хвороб), своєчасному якісному проведенню всіх агротехнологічних заходів.

Оптимізація живлення рослин унаслідок застосування добрив – один з найважливіших чинників системи землеробства та одне з основних завдань агрохімії. Нині у світі добрива забезпечують половину приросту врожаю. В подальшому роль цього інтенсивного чинника землеробства зростатиме. Завдання полягає лише в тому, щоб норми добрив забезпечували отримання високих урожаїв доброї якості при підвищенні або збереженні досягнутого рівня родючості ґрунту, не становили небезпеки для навколишнього природного середовища й забезпечували окупність витрат на їх застосування.

Агрохімічною наукою розроблено більш як півсотні методів для встановлення норм добрив. Розглянемо деякі з них, які найпоширеніші в практиці землеробства і мають науковий інтерес з погляду подальших досліджень і вдосконалення:

* • ***за результатами польових дослідів*** із застосуванням поправкових коефіцієнтів на агрохімічні властивості ґрунту та з урахуванням інших чинників, які визначають ефективність добрив;
* • ***балансові методи*** – на основі даних виносу елементів живлення врожаєм і коефіцієнтів їх використання з ґрунту і добрив;
* • ***нормативні методи*** – за нормативами витрат добрив на одиницю врожаю або на приріст урожаю;
* • ***за бальною оцінкою ґрунту*** – на основі бальної оцінки природної родючості ґрунту та окупності добрив;
* • ***математичні*** – на основі виробничих функцій у системі ґрунт–рослина– добрива;
* • ***цілеспрямованого регулювання родючості ґрунту.***

Визначення норм добрив за результатами польових дослідів. Польовими дослідами з різними культурами, які проводили і продовжують проводити в науково- дослідних установах у різних ґрунтово-кліматичних зонах, дало змогу встановити пріоритетну ефективність деяких видів добрив на різних типах ґрунтів (азотних – на нечорноземних ґрунтах, фосфорних – на чорноземах і каштанових ґрунтах, калійних – на торф'яниках і т. д.) та норми органічних і мінеральних добрив для основних культур на різних типах, підтипах і відмінах ґрунтів. Проведено також диференціацію норм у межах кожної відміни ґрунту з урахуванням вмісту рухомих сполук елементів живлення, попередників (їх урожаю та удобрення), сортових особливостей вирощуваних культур. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов розроблено оптимальні строки, норми і способи внесення добрив для різних культур.

На основі узагальнення результатів досліджень для основних ґрунтово- кліматичних зон на переважаючих типах ґрунтів із середнім вмістом рухомих сполук основних елементів живлення встановлено орієнтовні оптимальні норми добрив під основні сільськогосподарські культури (табл. 9.10).

*Таблиця 9.10.* **Орієнтовні оптимальні норми мінеральних добрив (кг/га) під основні сільськогосподарські культури** (узагальнені дані)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Культура** | **Зона** | **N** | **P**2O5 | **К**2O |
| Пшениця озима | Полісся | 90 | 90 | 90 |
| Лісостеп | 100 | 80 | 70 |
| Степ | 90 | 60 | so |
| Кукурудза | Полісся | 90 | 90 | 90 |
| Лісостеп | 120 | 90 | 80 |
| Степ | 90 | 80 | 60 |
| Буряк цукровий | Полісся | 150 | 140 | 170 |
| Лісостеп | 140 | 140 | 150 |
| Степ | 120 | 120 | 100 |
| Картопля | Полісся | 100 | 90 | 120 |
| Лісостеп | 90 | 80 | 80 |
| Степ | 80 | 70 | 70 |
| Силосні культури | Полісся | 140 | 130 | 150 |
| Лісостеп | 130 | 130 | 140 |
| Степ | 120 | 110 | 100 |

Вони є основою застосування добрив у виробництві. Регіональні науково- дослідні установи дають детальніші рекомендації для різних культур і відмін ґрунтів, нерідко із зазначенням запланованого врожаю, рівня забезпеченості рослин рухомими сполуками основних елементів живлення у поєднанні з рекомендованим нормами органічних добрив (табл. 9.11).

За відсутності диференціації норм їх можна скоригувати за поправковими коефіцієнтами, які рекомендують науково-дослідні установи, або визначити самостійно за такою формулою:

*K* = 2 – *В/В*сер,

де *К* – поправковий коефіцієнт; *В* – вміст рухомих сполук елемента живлення (азоту, фосфору, калію), мг/кг ґрунту; *В*сер – середній вміст рухомих сполук елемента живлення, мг/кг ґрунту (табл. 9.12).

Норми добрив коригують також на основі агрохімічних картограм ґрунту, в яких зазначено забезпеченість рослин елементами живлення на кожному полі (або його частині). Вона може бути дуже низькою, низькою, середньою, підвищеною, високою і дуже високою. Для уточнення рекомендованих норм добрив їх множать на відповідний поправковий коефіцієнт (табл. 9.13), який розраховано для ґрунтів із середніми показниками потенційної родючості.

При цьому норму азотних добрив коригують із використанням картограм забезпеченості рослин фосфором, оскільки він найчастіше знаходиться в мініму-

*Таблиця 9.11.***Орієнтовні норми удобрення сільськогосподарських культур з урахуванням забезпеченості ґрунту рухомими формами азоту, фосфору і калію** (А.О. Мельничук та ін.)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Культура** | **Запланований урожай. т/га** | **Норма органічних добрив. т/га** | **Потреба в мінеральних добривах** | **Норма,**кг/ra д. р. |
| **Рівень забезпеченості** |
| **Дуже низький** | **Низький** | **Середній** | **Підвищений** | **Високий** |
| **I** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **і.**9 |
| Буряк цукровий | 30-35 | 40-45 | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image233.jpg | 190 | 180 | 160 | ПО | 90 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image234.jpg | 140 | 130 | 120 | 90 | 70 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image235.jpg | 200 | 190 | 180 | : 120 | 100 |
| Буряк кормовий | 50-60 | 40-45 | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image236.jpg | 160 | 140 | 120 | 90 | 60 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image237.jpg | 140 | 130 | 110 | 70 | 40 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image238.jpg | 180 | 160 | 150 | 110 | 90 |
| Пшениця озима | * + - 3,5-4,0
		- –
 |  | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image239.jpg |  | 100 | 70 | 45 | У |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image240.jpg |  | 90 | 60 | 35 | рядки по 10 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image241.jpg | **\_** | 90 | 70 | 45 |
| Жито озиме | 3,5-4,0 |  | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image242.jpg | 65 | 60 | 40 | 30 |  |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image243.jpg | 50 | 45 | 35 | 25 | Те саме |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image244.jpg | 60 | 60 | 50 | 40 |  |
| Картопля | 20 | 35-40 | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image245.jpg | 90 | 80 | 60 | 45 | 20-30 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image246.jpg | 75 | 60 | 50 | 45 | 15-30 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image247.jpg | 100 | 90 | 80 | 65 | 25-45 |
| Кукурудза на зерно | 3,5-4,0 | - | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image248.jpg | - | 100 | 90 | 80 | 50 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image249.jpg | - | 95 | 60 | 60 | 45 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image250.jpg | - | 100 | 80 | 60 | 45 |
| Ячмінь ярий | 3,5-4,0 | - | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image251.jpg | **-** | 50 | 40 | зо | У |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image252.jpg | **-** | 50 | 40 | зо | рядки |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image253.jpg | **-** | 75 | 60 | 45 |  |
| Кукурудза на силос | 35-40 І | 30-45 | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image254.jpg | 130 | 120 **і** | 110 | 90 | 60 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image255.jpg | 110 | 90 | 75 | 60 | 45 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image256.jpg | 110 1 | 90 | 75 | 6(Г Ί | 45 |
| Льон (волокно) | 1,0-1,1 | **-** | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image257.jpg | 45 | 40 | 30 | 25 | **-** |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image258.jpg | 90 | 80 | 60 | 60 | 30 |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image259.jpg | 120 | 120 | 90 | 80 | 50 |
| Сінокоси | 3,5-4,0 | **-** | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image260.jpg | 90 | 75 | 60 | 45 | **\_** |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image261.jpg | 90 | 75 | 60 | 45 | **-** |
| https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image262.jpg | 90 | 75 | 60 | 45 | **-** |
| Пасовища | 20-25 | - | N | 130 | 120 | 90 | 65 | - |
|  |  |  | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image263.jpg | 90 | 75 | 60 | 45 | - |
|  |  |  | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image264.jpg | 90 | 75 | 60 | 45 | - |
| Однорічні трави | 4,0-4,5 | - | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image265.jpg | 100 | 80 | 70 | 50 | - |
|  |  |  | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image266.jpg | 90 | 75 | 60 | 45 | - |
|  |  |  | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image267.jpg | 90 | 75 | 60 | 45 | - |
| Багаторічнітрави | 6-7 | - | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image268.jpg | 70 | 60 | 50 | зо | - |
|  |  |  | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image269.jpg | 80 | 70 | 60 | 45 | - |
|  |  |  | https://pidruchniki.com/imag/agro/gosp_agrh/image270.jpg | 90 | 80 | 70 | 50 | - |

*Таблиця 9.12.* **Середній вміст рухомих сполук елементів живлення в ґрунті** (П.О. Дмитренко, Б.С. Носко), мг/кг

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Елемент живлення** | **Метод визначення** | **Для зернових і кормових культур** | **Для технічних і овочевих культур** |
| N | Тюріна–Кононовой | 45 | 70 |
| Корнфілда | 175 | 200 |
| P2O5 | Кірсанова | 75 | 100 |
| Чирикова | 75 | 100 |
| Мачигіна | 23 | зо |
| К2O | Кірсанова | 100 | 120 |
| Чирикова | 100 | 120 |
| Мачигіна | 100 | 200 |
| Маслової | 125 | 200 |

мі, а норми фосфорних і калійних коригують відповідно до даних картограм забезпеченості рослин фосфором і калієм на певному типі ґрунту. Оптимальні показники норм добрив, отримані в польовому досліді, коригують з агрохімічними групами ґрунту конкретного поля. Якщо агрохімічна група ґрунту поля за вмістом рухомих сполук фосфору або калію відрізняється від групи ґрунтів у досліді за цим показником на 1 або 2 групи, то норму фосфору або калію змінюють відповідно на ±25 і 50 %, а норму азоту – на ±10 і 20 %. При цьому рівень урожаю потрібно узгодити з виробничими умовами, оскільки ефективність добрив на малих ділянках у досліді в середньому на 20–30 % вища, ніж на великих площах у виробничих умовах, а під картоплю – на 50 %.

***Балансовий метод визначення норм добрив*** ґрунтується на встановленні виносу елементів живлення із запланованим урожаєм і використанні їх з урахуванням коефіцієнтів з ґрунту і добрив.

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.).

*Таблиця 9. 13.* **Поправкові коефіцієнти для рекомендованих норм мінеральних добрив на ґрунтах з різним ступенем забезпеченості рослин елементами живлення**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ступінь забезпеченості рослин елементами живлення** | **Зернові культури** | **Зернобобові і багаторічні трави** | **Просапні культури** | **Овочеві культури** |
| *Для азотних добрив* |
| Дуже низький | 1,3-1,5 | 0,6 | 1,3-1,5 | 1,3 |
| Низький | 1,2 | 0,5 | 1.2 | 1.1 |
| Середній | 1,0 | 0,4 | 1,0 | 1,0 |
| Підвищений | 0,7 | 0,2 | 0,7 | 0,9 |
| Високий | 0,5 | - | 0,5 | 0,8 |
| Дуже високий | - | - | - | - |
| *Для фосфорних добрив* |
| Дуже низький | 1,3-1,5 | 1,3-1,5 | 1,3-1,5 | 1,3-1.5 |
| Низький | 1.0 | 1,0 | 1,3 | 1,3 |
| Середній | 1,0 | 0,7-0,9 | 1,0 | 1,2 |
| Підвищений | 0,7 | 0,5-0,6 | 0,5 – 0,7 | 1,0 |
| Високий | 0,6 | - | 0,6 | 0,6-0,8 |
| Дуже ВИСОКИЙ | - | - | - | 0,6 |
| *Для калійних добрив* |
| Дуже НИЗЬКИЙ | 1,3-1,5 | 1,3-1,5 | 1,3-1,5 | 1,3-1,5 |
| Низький | 1.1 | 1,3 | 1.3 | 1,2 |
| Середній | 0,9 | 1,0 | 0,8 | 1.0 |
| Підвищений | 0,5-0,6 | 0,7-0,8 | 0,6 – 0,7 | 0,9-1,0 |
| Високий | 0,5 | 0,5-0,6 | 0,6 | 0,6-0,8 |
| Дуже високий | - | \_ | - | 0,4-0,6 |

Норми елементів живлення за їх виносом із запланованим урожаєм розраховують за формулою



де Н – пошукова норма N, Р2O5, К2O, кг/га; У – запланована урожайність, т/га; В – винос елемента живлення 1 т продукції, кг; С – запас рухомих сполук елемента живлення в ґрунті, кг/га; *К*г – коефіцієнт використання елемента живлення з ґрунту, *%; К*а – коефіцієнт використання елемента живлення з добрив, %.

Для використання цього методу потрібно знати: 1) винос 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 розраховують вміст рухомих сполук елемента живлення.

Орієнтовні коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту і добрив наведено в табл. 9.4 і 9.5.

Агрохімічні показники картограм вмісту в ґрунті рухомих сполук азоту, фосфору і калію (в мг/кг ґрунту) переводять у кілограми на 1 га, множенням на коефіцієнт, який відповідає різновиду ґрунту і глибині розрахункового шару. Так, якщо для розрахунку беруть шар 0–30 см, де розміщена основна кількість коренів, його маса на 1 га становить 3000 т, то застосовують коефіцієнт 3. Цей коефіцієнт для ґрунту на певному полі можна уточнити в найближчій науково-дослідній установі. Приклад такого балансового розрахунку норм добрив наведено в табл. 9.14.

*Таблиця 9.14.* **Розрахунок норм добрив на врожайність пшениці озимої 7,0 т/га**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Порядковий номер стрічки** | **Показник** | **N** | **P**2O5 | **К**2O |
| 1 | Винос на 1 т зерна і відповідну масу соломи, кг | 30 | 10 | 20 |
| 2 | Винос із запланованим урожаєм зерна (стр. 1 × урожайність 7,0 т/га) | 210 | 70 | 140 |
| 3 | Вміст елементів живлення у ґрунті, мг/кг | 100 | 100 | 140 |
| 4 | Запаси елементів живлення у ґрунті, кг/га (стр. 3 • 3) | 300 | 300 | 420 |
| 5 | Коефіцієнт використання елементів живлення з ґрунту, % | 35 | 15 | 20 |
| 6 | Використовують рослини елементів живлення з ґрунту, кг/га (стр. 4 × стр. 5 : 100) | 105 | 45 | 84 |
| 7 | Нестача елементів живлення, яку потрібно внести з мінеральними добривами, кг (стр. 2 – стр. 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 (стр. 7 х 100: стр. 8) | 175 | 100 | 80 |

Вважають, що зернові культури з ґрунту можуть використовувати 50–80 % N, 10–15 – Р205 і 20–30 % К2O, просапні та овочеві – відповідно 70–90, 15–20 і 30–40 %. Цей балансовий метод застосовують у різних модифікаціях, але суть їх не змінюється – визначають потребу запланованого врожаю в елементах живлення, наявність їх у ґрунті та можливе засвоєння рослинами з ґрунту і добрив. Об'єктивність методу залежить від точності перелічених даних. Залежно від властивостей ґрунту, сорту рослин, погодних умов, норм і форм добрив, строків і способів їх внесення та інших чинників вони можуть істотно змінюватися.

Інший метод балансових розрахунків потреби в добривах враховує лише запланований приріст урожаю. Для проведення таких розрахунків потрібно знати врожайність культури, яку забезпечує на певному полі природна родючість ґрунту (табл. 9.15).

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

Визначення норм добрив за нормативами витрат елементів живлення на одиницю врожаю й на одиницю приросту врожаю. Цей метод із найточніших, оскільки належить до прямих. Його основою є результати польових дослідів з добривами, проведених науково-дослідними установами України (табл. 9.16, 9.17).

При використанні нормативів витрат добрив на одиницю врожаю норму азоту, фосфору і калію розраховують окремо для кожного елемента за формулою

*Таблиця 9.15.* **Розрахунок норм добрив під пшеницю озиму для отримання приросту врожаю 2,0 т/га** (за врожайності без внесення добрив 3,0 т/га)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Порядковий номер стрічки** | **Показник** | **N** | **P**2O5 | **К**2O |
| 1 | Винос на 1 т зерна й відповідну масу соломи, кг | 30 | 10 | 20 |
| 2 | Винос на 2,0 т запланованого приросту врожайності зерна (стр. 1 × 2) | 60 | 20 | 40 |
| 3 | Коефіцієнт використання елементів живлення з мінеральних добрив, % | 60 | 25 | 70 |
| 4 | Потрібно внести з мінеральними добривами, кг/га (стр. 2 × 100 : стр. 3) | 100 | 80 | 57 |
| 5 | Вміст елементів живлення в мінеральних добривах, % | 34 | 20 | 57 |
| 6 | Норма різних форм добрив, ц/га (стр. 4 : стр. 5) | 2,9 | 4,0 | 1,0 |

*Таблиця 9.16.* **Нормативи витрат діючої речовини мінеральних добрив на формування врожаю і приросту врожаю** (усереднено для України)

|  |  |
| --- | --- |
| **Культура** | **Витрати на формування, кг/т** |
| **врожаю** | **приросту врожаю** |
| **N** | **P**2O5 | **К**2O | **N** | **P**2O5 | **К**2O |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** |
| *Без зрошення* |
| Пшениця озима | 27,0 | 25,0 | 19,0 | 93,0 | 86,0 | 85,0 |
| Жито озиме | 31,0 | 29,0 | 26,0 |  |  |  |
| Ячмінь озимий | 21,0 | 21,0 | 15,0 |  |  |  |
| Пшениця яра | 25,0 | 23,0 | 19,0 |  |  |  |
| Ячмінь ярий | 22,0 | 22,0 | 17,0 | 86,0 | 91,0 | 72,0 |
| Овес | 21,0 | 19,0 | 16,0 | 70,0 | 63,0 | 56,0 |
| Кукурудза на зерно | 20,0 | 17,0 | 19,0 | 84,0 | 79,0 | 71,0 |
| Гречка | 43,0 | 49,0 | 39,0 | 116,0 | 140,0 | 116,0 |
| Просо | 19,0 | 15,0 | 14,0 | 84,0 | 69,0 | 61,0 |
| Сорго | 19,0 | 14,0 | 13,0 |  |  |  |
| Горох | 22,0 | 31,0 | 24,0 | 76,0 | 105,0 | 105,0 |
| Льон-довгунець | 51,0 | 105,0 | 125,0 | 148,0 | 308,0 | 363,0 |
| Буряк цукровий | 4,5 | 4,5 | 5,1 | 11,1 | 11,6 | 12,1 |
| Соняшник | 31,0 | 37,0 | 27,0 | 165,0 | 194,0 | 132,0 |
| Соя | 26,0 | 34,0 | 21,0 | 156,0 | 203,0 | 124,0 |
| Ріпак | 65,0 | 49,0 | 41,0 |  |  |  |
| Картопля | 7,6 | 7,2 | 6,0 |  |  |  |
| 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 |
| Однорічні трави на сіно | 16,0 | 13,0 | 11,0 |  |  |  |
| Багаторічні трави на сіно | 7,5 | 13,0 | 14,0 |  |  |  |
| Природні сінокоси та пасовища (сіно) | 28,0 | 18,0 | 14,0 |  |  |  |
| Культурні сінокоси та пасовища (сіно) | 24,0 | 11,0 | 12,0 |  |  |  |
| Сади та ягідники | 26,2 | 21,4 | 21,9 |  |  |  |
| Виноградники | 21,9 | 25,4 | 17,1 |  |  |  |
| Хмільник | 190,0 | 180,0 | 250,0 |  |  |  |
| *В умовах зрошення* |
| Пшениця озима | 25,0 | 18,0 | 13,0 |  |  |  |
| Жито озиме | 25,0 | 18,0 | 12,0 |  |  |  |
| Ячмінь та овес | 17,0 | 24,0 | 12,0 |  |  |  |
| Кукурудза на зерно | 22,0 | 14,0 | 12,0 |  |  |  |
| Рис | 34,0 | 21,0 | 18,0 |  |  |  |
| Круп'яні (просо, гречка, сорго) | 27,0 | 29,0 | 12,0 |  |  |  |
| Горох | 25,0 | 32,0 | 18,0 |  |  |  |
| Буряк цукровий | 5,1 | 4,3 | 5,2 |  |  |  |
| Соя | 33,0 | 34,0 | 22,0 |  |  |  |
| Картопля | 7,7 | 7,2 | 5,1 | 15,2 | 13,4 | 16,9 |
| Овочеві, усього | 4,5 | 4,5 | 3,3 |  |  |  |
| Баштанні | 5,5 | 5,5 | 2,8 |  |  |  |

Н = УВ1*К* ,

де Н – норма азоту, фосфору і калію для отримання запланованої врожайності, кг/га; У – планова врожайність культури, т/га; В, – нормативні витрати елементів живлення (азоту, фосфору, калію) для вирощування одиниці врожаю, кг/т; *К* – поправковий коефіцієнт на вміст рухомих сполук елементів живлення у ґрунті (окремо для кожного елемента).

Норми добрив за нормативами витрат на одиницю приросту врожаю розраховують за формулою

Д = УПВ2К,

де Уп – плановий приріст урожайності за рахунок добрив, т/га; В2 – нормативні витрати елементів живлення на одиницю приросту врожайності, кг/т.

*Таблиця 9.17.* Зональні нормативи витрат діючої речовини мінеральних добрив на формування 1 т врожаю, кг

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Культура** | **Полісся та Карпати** | **Лісостеп** | **Степ** |
| **N** | **P**2O5 | **К**2O | **N** | **P**2O5 | **К**2O | **N** | **P**2O5 | **К**2O |
| Пшениця озима | 30 | 17 | 19 | 28 | 18 | 20 | 25 | 17 | 8 |
| Жито озиме | 22 | 22 | 21 | 22 | 22 | 21 | 25 | 17 | 8 |
| Ячмінь озимий | 21 | 17 | 19 | 21 | 16 | 17 | 21 | 17 | 14 |
| Овес | 24 | 20 | 22 | 23 | 19 | 21 | 21 | 17 | 14 |
| Кукурудза на зерно | - | - | - | 22 | 19 | 21 | 22 | 20 | 15 |
| Гречка | 55 | 17 | 20 | 38 | 41 | 36 | 12 | 12 | 12 |
| Просо | 13 | 55 | 43 | 22 | 17 | 15 | 12 | 12 | 12 |
| Горох | 16 | 13 | 13 | 16 | 23 | 23 | 14 | 20 | 20 |
| Люпин | - | 23 | 23 | - | - | - | - | - | - **,** |
| Соя | - | 28 | 36 | - | - | - | 64 | 15 | 15 |
| Рис | - | - | - | - | - | - | 29 | 6 | 6 |
| Соняшник | - | - | - | 6 | 3 | 14 | 6 | 3 | 14 |
| Буряк цукровий | 4,2 | 4,4 | 5,4 | 4,1 | 4,0 | 4,9 | 4,1 | 3,9 | 3,7 |

Норми добрив за бальною оцінкою ґрунту визначають за такою формулою:



де Н – норма елементів живлення (N + Р2O5 + К2O) для отримання запланованої врожайності, ц/га; У – планова врожайність, т/га; Б – урожайність за рахунок природної родючості (ціна бала, помножена на оцінку ґрунту в балах для певної культури), т/га: Н0 – запланована норма внесення органічних добрив, т/га; O0 - окупність 1 т органічних добрив приростом урожайності, т/га; Ом – окупність 1 ц діючої речовини (N + P2O5 + К20) мінеральних добрив приростом урожайності, т/га (табл. 9.18).

*Приклад.* Заплановано виростити 6,0 т/га пшениці озимої. Оцінка ґрунту на полі під пшеницею озимою – 81 бал; ціна одного бала – 0,046 т/га зерна; внесено гною – ЗО т/га; окупність 1 т гною зерном пшениці озимої – 0,025 т/га; окупність 1 ц мінеральних добрив зерном пшениці озимої – 0,48 т/га.

Підставивши ці дані у формулу, знайдемо необхідну кількість мінеральних добрив для вирощування 6,0 т/га пшениці озимої:



Оптимальне співвідношення N : Р2O5 : К2O в добриві для пшениці озимої становить відповідно 1,0 : 0,9 : 0,8 (табл. 9.19).

Для визначення вмісту кожного елемента в добриві (кг/га) обчислюють суму коефіцієнтів (1,0 + 0,9 + 0,8 = 2,7) та ціну цілого коефіцієнта в елементах живлення (3,2 : 2,7 = 1,18 ц/га або 118 кг/га). Звідси норми елементів живлення для внесення в ґрунт становлять: N–118 : 1,0 = 118 кг/га; Р2O5 – 118 : 0,9 = 107 кг/га; К2O – 118 : 0,8 = 95 кг/га. їх уточнюють з урахуванням коефіцієнтів на вміст рухомих сполук елементів живлення в ґрунті (окремо для кожного елемента).

*Таблиця 9.18.* **Ціна бала ґрунту та окупність добрив**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Культура** | **Ціна бала, кг основної продукції** | **Окупність, кг основної продукції** |
| **1**т органічних добрив | **1**кг NPK мінеральних добрив |
| Пшениця озима | 46 | 25 | 4,8 |
| Ячмінь | 41 | 21 | 4,7 |
| Кукурудза |  |  |  |
| на зерно | 57 | 21 | 3,7 |
| на силос | 437 | 210 | 29,9 |
| Буряк цукровий | 400 | 150 | 22.5 |
| Соняшник | 20 | - | 1.9 |
| Кормові коренеплоди | 640 | 210 | 55,6 |
| Овочі в середньому | 163 | 360 | 48,3 |

*Таблиця 9.19.* **Рекомендоване співвідношення між елементами живлення в мінеральних добривах для внесення під сільськогосподарські культури в Лісостепу України**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Культура** | **Співвідношення**N : Р2O5 : К2O | **Культура** | **Співвідношення**N . Р2O5 . К2O |
| Пшениця озима |  | Буряк цукровий |  |
| Жито озиме |  | Картопля |  |
| Овес |  | Морква |  |
| Ячмінь |  | Капуста |  |
| Кукурудза на зерно і силос |  | Помідор, огірок, цибуля |  |
| Просо |  | Буряк кормовий |  |
| Гречка |  | Кукурудза на зелений корм |  |
| Горох |  | Багаторічні трави |  |
| Коноплі (волокно) |  | Вико-вівсяна суміш |  |

 Математичні методи

Застосування автоматичних методів керування сільськогосподарським виробництвом дає змогу визначати оптимальні норми добрив на основі математичного моделювання (виробничих функцій) із використанням інформації про кількісну залежність урожаю від норм добрив у певних природно- кліматичних умовах та врахуванням агрохімічної характеристики ґрунтів – рівня кислотності, вмісту гумусу, рухомих сполук елементів живлення.

# Метод цілеспрямованого регулювання родючості ґрунту

Під час розрахунку норм добрив метою є не лише підвищення врожайності, а й доведення вмісту рухомих сполук елементів живлення в ґрунті до оптимальних (див. табл. 9.20) або заданих параметрів. При цьому використовують нормативи змін їх вмісту на 10 мг/кг для різних типів ґрунтів, які встановлено на основі тривалих стаціонарних дослідів з добривами (табл. 9.21)

Загальну норму фосфорних і калійних добрив (кг/га) за ротацію сівозміни або інший період часу розраховують за формулою

*Таблиця 9.20.* **Оптимальний вміст рухомих сполук фосфору і калію, визначений за методом Чирикова, в різних типах ґрунтів** (мг/кг)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Елемент****живлен-****ня** | **Дерново-підзолисті і сірі лісові ґрунти** | **Чорноземи** |
| Сівозміна |
| польова | овочева | польова | овочева |
| Р2O5 | 150-200 | 200-300 | 150-200 | 200-250 |
| К2O | 170-200 | 200-250 | 150-200 | 150-200 |

*Таблиця 9.21.* Нормативи витрат елементів живлення добрив (кг/га д. р.), що забезпечують збільшення вмісту рухомих сполук фосфору і калію на 10 мг/кг ґрунту

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Тип ґрунту** | **Гранулометричний склад** | **P**2O5 | **K**2O |
| Сірі лісові | Піщані і супіщані | 70-90 | 60-70 |
| Суглинкові | 80-110 | 70-80 |
| Важкосуглинкові і глини | 120-140 | 80-90 |
| Чорноземиопідзолені та вилужені | Піщані і супіщані | 80-90 | 80-90 |
| Суглинкові | 90-100 | 80-90 |
| Важкосуглинкові і глини | 100-120 | 80-90 |
| типові та звичайні | Піщані і супіщані | 90-100 | - |
| Суглинкові | 100-110 | - |
| Важкосуглинкові і глини | 120-130 |  |



де В1, В2 – відповідно запланований і фактичний вміст рухомих сполук елемента живлення в ґрунті, мг/кг; Нн – нормативна кількість елемента живлення понад винос його з урожаєм для збільшення вмісту рухомих сполук на 10 мг/кг ґрунту, кг/га.

*Приклад.* Для підвищення вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті за ротацію п'ятипільної сівозміни з 110 до 150 мг/кг норма фосфорних добрив буде становити:

Н = 0,1(150 – 110) 90 = 360 (кг/га), або щорічно 72 кг/га Р2O5 (360 : 5).

Усі перелічені методи розрахунку норм добрив дають змогу з достатньою об'єктивністю прогнозувати рівень продуктивності основних сільськогосподарських культур. Незважаючи на це, вони потребують адаптації з метою комплексного підходу з урахуванням ґрунтової і рослинної діагностики, умов вирощування культур, високої агроекономічної окупності добрив та охорони навколишнього природного середовища.