

А. П. Лісовал  
В. М. Макаренко  
С. М. Кравченко

---

# **СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ**

*Затверджено Міністерством  
аграрної політики України  
як підручник для студентів  
і викладачів агрономічних спеціальностей  
вищих навчальних закладів  
III–IV рівнів акредитації  
та як навчальний посібник  
для вищих аграрних навчальних закладів  
I–II рівнів акредитації*

КИЇВ  
«ВИЩА ШКОЛА»  
2002

## КОЛООБІГ І БАЛАНС ГОЛОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ. БАЛАНС ГУМУСУ

Автори: А. П. Лісовал (розд. 3–5, 10, 12, 13, 16), В. М. Макаренко (розд. 1, 2, 6, 8), С. М. Кравченко (розд. 7, 9, 11, 14, 15, 17)

Рецензенти: професор П. Г. Котинко (Уманська державна аграрна академія), доцент В. І. Купчик (Білоцерківський державний аграрний університет)

Редакція літератури з природничих наук  
Редактор В. С. Зацарний

Л63 ~~Лісовал А. П. та ін.~~  
Система застосування добрив: Підручник / А. П. Лісовал, В. М. Макаренко, С. М. Кравченко. – К.: Вища шк., 2002. – 317 с.: іл.  
ISBN 966-642-087-2

Висвітлено теоретичні основи колообігу та балансу головних елементів живлення і гумусу в землеробстві; прийоми внесення та умови ефективного використання добрив і засобів хімічної меліорації ґрунтів; методи встановлення норм добрив. Наведено особливості живлення та удобрення основних культур у сівозмінах та в умовах зрошення, удобрення плодово-ягідних та овочевих культур, лук і пасовищ. Описано агрохімічне обслуговування прогресивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, застосування добрив та охорону навколишнього середовища, економічну і біоенергетичну ефективність їх застосування в умовах України.

Підручник для студентів і викладачів агрономічних спеціальностей вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації та навчальний посібник для вищих аграрних навчальних закладів I–II рівнів акредитації.

УДК 631.8 (075.8)  
ББК 40.40я73

ISBN 966-642-087-2

© А. П. Лісовал, В. М. Макаренко,  
С. М. Кравченко, 2002

Вивчення колообігу речовин у землеробстві та визначення заходів впливу на хімічні процеси, що відбуваються в ґрунті й рослині, які можуть підвищувати врожай та поліпшувати якість продукції, є одним з основних завдань агрономічної хімії. Найважливішим фактором регулювання колообігу речовин у землеробстві є застосування добрив на науковій основі, тобто врахування конкретних умов, у яких вони матимуть найвищу ефективність.

Наукою та передовим досвідом доведено, що для вирощування високих урожаїв сільськогосподарських культур треба вносити в ґрунт головних елементів живлення значно більше, ніж їх було використано рослинами для формування врожаю. Так, значна частина фосфору, який вноситься з добривами, зв'язується ґрунтом у нерозчинні сполуки. Рослини з суперфосфату за рік засвоюють лише четверту частину фосфору. Калій добрив іноді закріплюється ґрунтом так, що рослина його вже не може засвоїти. Азоту в ґрунт може повертатись менше, ніж його було вивезено. Це пояснюється тим, що певна частина азоту в ґрунті нагромаджується за рахунок надходження з атмосферними опадами та фіксації з атмосфери бульбичковими бактеріями бобових культур і вільноіснуючими мікроорганізмами (асоціативна фіксація). Отже, якщо втрати поживних речовин унаслідок виносу з урожаєм не відшкодовуються після внесення добрив та з інших джерел, то відбувається поступове виснаження ґрунту і зниження врожаю.

Тому в комплексі заходів, які спрямовані на підтримання бездефіцитного колообігу елементів живлення в землеробстві, важлива роль належить застосуванню добрив під сільськогосподарські культури.

Під час використання місцевих добрив, до яких належать переважно органічні добрива, в ґрунт повторно повертаються лише ті поживні речовини, які рослини вже використовували для формування врожаю. Однак відшкодування це неповне, оскільки з гноєм у ґрунт не повертаються ті елементи живлення, які ввійшли до складу товарної продукції і вивезені за межі господарства. Проте це не знижує значення використання ор-

ганічних добрив. Навпаки, у разі нестачі мінеральних добрив поживні речовини гною та інших органічних добрив у кожному господарстві обов'язково повинні повертатись у ґрунт. Це найважливіший принцип культурного землеробства, і його слід дотримуватись незалежно від ґрунтово-кліматичної зони та спеціалізації господарства.

Тільки з мінеральними добривами в ґрунт надходять необхідні елементи живлення для рослин. Завдяки мінеральним добривам у процес формування врожаю залучаються запаси атмосферного азоту, поклади апатиту і фосфориту, відклади калійних солей. Елементи живлення мінеральних добрив, які введено в колообіг речовин у землеробстві, використовуються потім багаторазово.

Для підтримання бездефіцитного колообігу елементів живлення в господарстві велике значення має правильне поєднання внесення органічних і мінеральних добрив. Доведено, що гній і мінеральні добрива, які вносять в еквівалентних нормах, на врожай впливають приблизно однаково, але при їх поєднанні в сівозміні рівень використання рослинами елементів живлення підвищується. Крім того, систематичне внесення гною дає змогу підтримувати кількість органічних речовин у ґрунті на певному рівні та швидше відновлювати порушений у ньому баланс поживних речовин, що винесені з врожаєм.

Ступінь інтенсифікації та культури землеробства характеризує баланс головних елементів живлення в землеробстві окремого господарства, району, зони, країни. *Баланс елементів живлення* – це математичний вираз їх колообігу в землеробстві й біосфері. Дослідження балансу елементів живлення – одне з основних завдань агрохімії. Це пов'язано з необхідністю систематичного підвищення родючості ґрунтів, збільшення врожаю сільськогосподарських культур і поліпшення його якості, розробки та здійснення заходів для охорони навколишнього середовища.

Баланс елементів живлення в землеробстві дає змогу вивчати винос їх з ґрунту з урожаєм та надходження в ґрунт з різних джерел і таким чином систематично контролювати й цілеспрямовано впливати на підвищення ефективної родючості ґрунтів внесенням добрив, хімічних меліорантів та інших засобів.

Нині в Україні вивчення балансу елементів живлення проводять у двох напрямках, які взаємозв'язані та доповнюють один одного.

Перший напрям – суто експериментальний – ґрунтується на лабораторних і лізиметричних дослідженнях, вегетаційному, мікропольовому і польовому досліді з добривами, включаючи експериментальні сівозміни та тривалі досліді. Особливо велике значення має вивчення колообігу та балансу поживних речовин у тривалих стаціонарних дослідіах, де є можливість урахувати як пряму дію, так і післядію добрив у сівозмінах. Важливі також дослідження з використанням радіоактивних еле-

ментів –  $^{32}\text{P}$ ,  $^{15}\text{N}$ ,  $^{40}\text{K}$ . Отже, використовуючи сучасні методи досліджень, у цьому напрямі розробляють теоретичні питання колообігу та балансу елементів живлення.

Другий напрям – науково-виробничий – вивчає зовнішньогосподарський, господарський і біологічний колообіг, а також баланс речовин у народному господарстві, землеробстві та біосфері. Об'єктами дослідження є баланс елементів живлення конкретного господарства, району, зони, країни. Завданням цього напрямку досліджень є обґрунтування оптимального рівня внесення добрив і відшкодування поживних речовин у сівозміні й господарстві з урахуванням урожаю, що планується, і нагромадження їх в основній та побічній продукції, кореневих і пожнивних рештках, а також охорона навколишнього середовища.

Баланс елементів живлення в землеробстві залежно від того, які завдання вирішують, поділяють на три види: зовнішньогосподарський, біологічний і господарський. Види балансу різняться між собою за своєю структурою та змістом.

*Зовнішньогосподарський баланс* – це відчуження елементів живлення з продукцією рослинництва і тваринництва та надходження їх з мінеральними добривами, насінням, кормами, що завозяться, тощо. Цей вид балансу розраховують для окремих ґрунтово-кліматичних зон або для країни в цілому і використовують під час вивчення колообігу речовин з урахуванням спеціалізації господарства.

*Біологічний баланс* урахує масу елементів живлення в біологічному врожаї, вміст і динаміку їх у ґрунті. Цей вид балансу є найповноціннішим під час обліку маси поживних речовин, які залучені до колообігу.

*Господарський баланс*, який є найбільш поширеним, ґрунтується на виносі поживних речовин з урожаєм основної та побічної продукції. Винос поживних речовин може доповнюватись також іншими витратами – водна ерозія, вимивання в ґрунтові та дренажні води, поглинання ґрунтом тощо. У повному господарському балансі винос поживних речовин з урожаєм порівнюють з їх відшкодуванням добривами, атмосферними опадами, насінням, а також унаслідок азотфіксації бульбачковими бактеріями і вільноіснуючими мікроорганізмами. Господарський баланс за інформативністю та кількістю статей, які враховують при його розрахунках, займає проміжне положення між зовнішньогосподарським і біологічним балансами. Він може бути вихідним (валовим, загальним) або ефективним (продуктивним, активним). *Вихідний господарський баланс* включає надходження елементів живлення в ґрунт з добривами без урахування коефіцієнта їх засвоєння рослинами, а *ефективний* – надходження елементів живлення в ґрунт з урахуванням коефіцієнта засвоєння.

У виробничих умовах визначають переважно вихідний господарський баланс. Баланс елементів живлення у землеробстві окремого господарства є науковою основою раціонального застосування добрив, а також засобом контролю за колообігом речовин і динамікою родючості ґрунту.

Баланс елементів живлення у землеробстві господарства дає змогу визначити, наскільки внесення елементів живлення з добривами забезпечує винос їх з урожаєм сільськогосподарських культур і наскільки існуюча система застосування добрив відповідає завданням підвищення родючості ґрунту та збільшення врожайності сільськогосподарських культур. Значний дефіцит балансу азоту, фосфору і калію в землеробстві несумісний з цими завданнями. Тому в таких випадках виникає потреба збільшувати внесення добрив та впроваджувати інші засоби хімізації – вапнування, гіпсування.

За сучасного рівня внесення мінеральних добрив під сільськогосподарські культури відбувається зміна кількості та співвідношення поживних речовин у ґрунті, особливо фосфору. Щоб визначити ефективність застосування добрив у господарстві та напрям змін поживних речовин у ґрунті залежно від урожайності культур, баланс елементів живлення в землеробстві господарства слід вивчати у динаміці за тривалий період. За допомогою балансових розрахунків за кілька років можна встановити характер змін окремих статей надходження і визначити їх частку в загальному балансі.

Баланс складають для всього господарства або для окремого його підрозділу (бригади, відділка, ділянки) відповідно до структури посівних площ. Якщо в господарстві є дані про урожайність і кількість внесених добрив окремо в сівозмінах, баланс складають для сівозмін. Цінність балансу як наукової основи активного втручання в колообіг речовин зумовлюється повнотою і точністю обліку статей надходження і втрат поживних речовин та кількістю показників, які при цьому враховують.

Під час складання вихідного господарського балансу враховують такі статті: втрати елементів живлення з ґрунту – винос з урожаєм, непродуктивні втрати азоту з азотних добрив; надходження елементів живлення в ґрунт – з органічними та мінеральними добривами, з насінням, а для азоту – з опадами, за рахунок фіксації з атмосфери бульбачковими бактеріями бобових культур і вільноіснуючими в ґрунті мікроорганізмами.

### 1.1. Статті втрат

**Винос елементів живлення з урожаєм.** Цю статтю втрат розраховують на основі даних про використання елементів живлення для утворення 1 т основної та відповідної кількості побіч-

ної продукції. Винос елементів живлення з урожаєм нестійкий і коливається залежно від удобрення, ґрунтових умов, сортових особливостей рослин, вологозабезпечення, співвідношення між основною та побічною продукцією тощо. Для визначення виносу елементів живлення з урожаєм рекомендують використовувати показники їх виносу, що є в господарстві або встановлені науковими закладами. Наприклад, озима пшениця на утворення 1 т основної та відповідної кількості побічної продукції використовує, кг: азоту – 32, фосфору – 11, калію – 16. За врожайності зерна 40 ц/га винос становить, кг/га: азоту – 188, фосфору – 44, калію – 64.

**Втрати азоту добрив.** Вихідний господарський баланс ураховує загальні непродуктивні втрати азоту добрив і не відображає структури втрат та питомої маси в органічній речовині (біомасі). Непродуктивні втрати азоту складаються переважно з газоподібних втрат і втрат внаслідок вимивання. Газоподібні втрати азоту пов'язані з мікробіологічними процесами денітрифікації, амоніфікації та нітрифікації з виділенням  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ . Так, газоподібні втрати азоту становлять 10–15 % внесеного з добривами. Крім того, внаслідок вимивання на легких ґрунтах втрати азоту досягають 10–15, а на зв'язних – 5–7 кг/га. Загальні непродуктивні втрати азоту на чорноземних ґрунтах у середньому становлять 15 %, на дерново-підзолистих – 20 % кількості азоту, яку внесено з мінеральними добривами. У кожному конкретному випадку ці показники різні. Наприклад, під цукрові буряки внесено 150 кг/га азоту. При втратах, що становлять 20 % від внесеного азоту, це дорівнюватиме 30 кг/га азоту.

Під час складання балансу фосфору та калію визначають лише винос їх з урожаєм.

### 1.2. Статті надходження

Елементи живлення надходять у ґрунт переважно з органічними і мінеральними добривами, які вносять під окремі культури.

1. Для обліку кількості елементів живлення, що надходять у ґрунт з органічними добривами, використовують дані (є в кожному господарстві) норм та вмісту азоту, фосфору і калію в органічних добривах або дані державних проектно-технологічних центрів охорони родючості ґрунтів і якості продукції.

2. Для обліку кількості елементів живлення, що надходять у ґрунт з мінеральними добривами, використовують паспорт поля, книгу історії полів, звіти про внесення мінеральних та органічних добрив тощо.

3. У балансових розрахунках враховують також статтю надходження елементів живлення в ґрунт з насінням. Для цього використовують норми висіву культур, які прийняті в госпо-

дарстві, та вміст азоту, фосфору і калію в насінні. Наприклад, норма висіву озимої пшениці становить 200 кг/га зерна. Середній вміст азоту в зерні озимої пшениці – 2,8 %. Отже, на кожний гектар посіву буде внесено з насінням 5,6 кг азоту.

4. Надходження азоту в ґрунт з атмосферними опадами відбувається переважно в аміачній формі і значно менше – в нітратній, яка утворюється внаслідок грозових розрядів. У середньому щороку з опадами в ґрунт надходить така кількість азоту, кг/га: Полісся – 5–7, Лісостеп – 7–10, Степ – 4. У районах з великою кількістю опадів і в промислових районах з підвищеним забрудненням повітря та мінералізацією атмосферних опадів надходження азоту в ґрунт може значно збільшуватись.

5. Надходження азоту в ґрунт за рахунок фіксації з повітря бульбочковими бактеріями бобових культур. Ця стаття надходження азоту в ґрунт залежить від багатьох факторів. Різні бобові культури мають неоднакову азотфіксуювальну здатність: чим вищий урожай, тим більша кількість азоту з атмосфери фіксується бобовою культурою. Крім того, на азотфіксуювальну здатність бобових культур впливають умови їх вирощування – вологість, температура, реакція ґрунту, наявність у ньому поживних речовин.

Бульбочкові бактерії багаторічних трав (еспарцет, люцерна, конюшина) фіксують 70–75 % атмосферного азоту, горох – 40–50, люпин і кормові боби – 60–65 % загального азоту біомаси (І. Г. Захарченко та ін.) Кількість азоту в біомасі бобових культур залежить від урожаю та розміру кореневої системи. За рік багаторічні трави (конюшина, еспарцет, люцерна) нагромаджують азоту в урожаї 150–300 кг/га; люпин, соя, кормові боби – 100–200; вика – 50–100 кг/га.

Для визначення кількості атмосферного азоту, яка надійшла в ґрунт унаслідок симбіотичної фіксації бобовою культурою, треба встановити загальний вміст азоту в урожаї та в кореневій системі. Співвідношення між кількістю азоту в урожаї, пожнивних і корневих рештках становить для люцерни 1:1,3, конюшини – 1:1,15–1,25, люпину – 1:0,6–0,7, гороху 1:0,2–0,3 (У. М. Давиденко, 1978). Використовуючи ці показники та дані про винос азоту з урожаєм, визначають кількість азоту, яка надійшла в ґрунт у результаті симбіотичної фіксації бобовою культурою.

Наприклад, винос азоту на 1 т сіна конюшини становить 19,7 кг. Якщо врожай сіна 40 ц/га, то винос дорівнюватиме 78,8 кг/га. При співвідношенні між вмістом азоту в урожаї та корневих і пожнивних рештках 1:1,15 вміст азоту в них становитиме  $78,8 \times 1,15 = 90,6$  кг/га. Тоді вміст азоту в біомасі  $78,8 + 90,6 = 169,4$  кг/га. За рахунок фіксації з атмосфери бульбочковими бактеріями азоту в ґрунт надійшло (70 % азоту біомаси)  $169,4 \cdot 0,7 = 118,6$  кг/га (табл. 1).

Таблиця 1. Баланс азоту

Культура	Площа, га	Урожайність, ц/га	Втрата азоту з ґрунту (-), кг/га			Надходження азоту в ґрунт (+), кг/га								Баланс (±)	
			винос з урожаєм	втрата азоту з добрив	втрата всього азоту	з органічними добривами	з мінеральними добривами	з насінням	з опадами	за рахунок фіксації бобовими культурами	за рахунок фіксації вільноживучими мікро-організмами	всього	На всю площу, ц	всього на всю площу, ц	кг/га
Всього Баланс, ц (±) Інтенсив- ність балан- су, кг/га (±)															

Таблиця 2. Баланс фосфору

Культура	Площа, га	Урожайність, ц/га	Втрати $P_2O_5$ з ґрунту (-)		Надходження $P_2O_5$ в ґрунт (+), кг/га				Всього на всю площу, ц	Баланс (±)	
			винос з урожаєм, кг/га	винос з усієї площі, ц	з органічними добривами	з мінеральними добривами	з насінням	всього		на всій площі, ц	кг/га
Всього											
Баланс, ц (±)											
Баланс, кг/га (±)											

Таблиця 3. Баланс калію

Культура	Площа, га	Урожайність, ц/га	Втрати $K_2O$ з ґрунту (-)		Надходження $K_2O$ в ґрунт (+), кг/га				Всього на всю площу, ц	Баланс (±)	
			винос з урожаєм, кг/га	винос з усієї площі, ц	з органічними добривами	з мінеральними добривами	з насінням	всього		на всій площі, ц	кг/га
Всього											
Баланс, ц (±)											
Баланс, кг/га (±)											

Таблиця 4. Баланс елементів живлення в землеробстві господарства (в середньому), кг/га ріллі

Показник	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Втрати – всього у тому числі винос з урожаєм втрати з добрив			
Надходження в ґрунт – всього у тому числі з органічними добривами з мінеральними добривами з насінням з опадами за рахунок фіксації бульбачковими бактеріями бобових культур за рахунок фіксації вільноіснуючими мікроорганізмами			
Баланс (±)			
Інтенсивність балансу (відшкодування вносу), %			
Надходження в ґрунт поживних речовин з мінеральними добривами у співвідношенні 1:1:1			

6. Атмосферний азот фіксують вільноіснуючі мікроорганізми (асоціативна фіксація) – бактерії, актиноміцети, дріжджові і плісневі гриби. Під час складання вихідного господарського балансу можна користуватися такими середніми даними асоціативної фіксації, кг/га: Полісся – 5, Лісостеп – 10, Степ – 8.

Завершальним етапом розрахунку вихідного господарського балансу є визначення суми статей втрат і надходження елементів живлення для окремих культур (ц/га), потім на всю площу, після чого підраховують втрати та накопичення елементів живлення на всю площу господарства (табл. 1–4).

### 1.3. Показники балансу

Баланс елементів живлення у землеробстві господарства, у сівозміні або при вирощуванні окремих культур характеризується такими показниками: 1) баланс (±), ц; 2) баланс (±), кг/га; 3) баланс (±), % до вносу; 4) інтенсивність балансу, %; 5) ємкість балансу, ц/га (кг/га).

1. Різниця між втратами елементів живлення (ц) з площі під культурою, в сівозміні або ріллі господарства та надходженням їх (ц) на відповідну площу дає баланс (±), ц.

2. Баланс (±), кг/га, елементів живлення для культури, сівозміні або господарства в середньому одержують діленням балансу (±), ц, на відповідну площу, га.

3. Баланс (% до вносу) елементів живлення визначають для окремої культури або групи культур, сівозміні і господарства. Для визначення використовують дані про винос елементів живлення з урожаєм та їх надходження в ґрунт (у центнерах на всю площу або в кілограмах на 1 га). Баланс обчислюють за формулою

$$B = \frac{(H - V)100}{V},$$

де  $V$  – винос елементів живлення з урожаєм у господарстві, у сівозміні або окремою культурою, ц/га (кг/га);  $H$  – надходження елементів живлення в ґрунт з добривами та іншими джерелами, ц/га (кг/га).

Під час визначення балансу азоту можна використовувати показник втрат його з ґрунту (винос + втрати азоту з добрив). Баланс до вносу (%) показує, на скільки відсотків надходження елементів живлення в ґрунт більше або менше від вносу їх із ґрунту з урожаєм.

Наприклад. Винос азоту з урожаєм становить 92 кг/га. Надійшло азоту в ґрунт 77 кг/га:

$$B (\% \text{ до вносу}) = \frac{(77 - 92)100}{92} = -16 \%.$$

Винос азоту з урожаєм також становить 92 кг/га. Надійшло азоту в ґрунт 113 кг/га:

$$B (\% \text{ до виносу}) = \frac{(113 - 92)100}{92} = 23 \%$$

4. В умовах інтенсифікації землеробства для характеристики балансу використовують показник інтенсивності балансу –  $I_6$ . *Інтенсивність балансу* виражається відношенням надходження елементів живлення в ґрунт (Н) до виносу (В) їх з урожаєм (%) або коефіцієнтом. Інтенсивність балансу може бути менш як 100 % (дефіцитний баланс), дорівнювати 100 % (рівноважний баланс) або перевищувати 100 % (додатний баланс); коефіцієнт може бути меншим за одиницю, дорівнювати одиниці або бути більшим за одиницю. Інтенсивність балансу показує, на скільки відсотків винос елементів живлення урожаєм відшкодовується за рахунок надходження їх з добривами. Цей показник розраховують за формулою

$$I_6 = H \cdot 100 / B.$$

Показник інтенсивності балансу можна використовувати на всіх рівнях хімізації землеробства.

Наприклад. Винос азоту з урожаєм становить 105 кг/га. Надійшло азоту в ґрунт 85 кг/га:

$$I_6 = 85 \cdot 100 / 105 = 81 \%$$

Винос азоту з урожаєм також становить 105 кг/га. Надійшло азоту в ґрунт 130 кг/га:

$$I_6 = 130 \cdot 100 / 105 = 124 \%$$

5. Ємкість балансу характеризує величину колообігу поживних речовин у землеробстві. *Ємкість балансу* – це сума виносу та надходження елементів живлення в ґрунт незалежно від того, включаються вони у колообіг уперше чи використовуються повторно. Як правило, цей показник визначають на всю площу або на 1 га.

Аналіз показників балансу дає змогу зробити висновки про стан застосування добрив у господарстві; про те, наскільки внесення добрив компенсує винос елементів живлення з урожаєм сільськогосподарських культур у цілому в господарстві або окремими культурами; під які культури з добривами вноситься більше елементів живлення в ґрунт, ніж виноситься урожаєм; які культури вирощують за дефіцитного балансу головних елементів живлення. На підставі показників балансу та після врахування ґрунтово-кліматичних умов роблять висновки про потребу в окремих видах добрив і норми їх внесення під час складання системи застосування добрив у сівозмінах.

За даними Д. М. Прянишникова (1952), для вирощування сталих урожаїв зерна 20–25 ц/га можна допустити дефіцит азоту 13–14 кг/га, калію – 20–22 кг/га, однак баланс фосфору має бути бездефіцитним. Отже, внесення фосфору в ґрунт повинно перевищувати винос його з урожаєм. Д. М. Прянишников дійшов висновку, що для підвищення врожаїв і родючості ґрунтів слід повертати азоту та калію на 80 %, фосфору – на 100–110 % виносу їх з урожаєм. Цей висновок у подальшому повністю був підтверджений на практиці.

За даними І. Г. Захарченка (1977), на чорноземних ґрунтах в інтенсивних сівозмінах рівень відшкодування поживних речовин з добривами повинен приблизно становити для азоту 80 %, фосфору – 130–150, калію – 80–100 %; на дерново-підзолистих ґрунтах – для азоту не менш як 110–120 %, фосфору – 170–200, для калію – 100–115 %.

З підвищенням урожаїв і внесенням вищих норм добрив у землеробстві України баланс елементів живлення в ґрунті помітно зміщується у бік зниження дефіциту.

У господарствах, де досягнуто високих показників вмісту рухомих поживних речовин у ґрунті в попередні роки і де нині вносять органічні й мінеральні добрива та проводять хімічну меліорацію ґрунтів, баланс головних елементів живлення у землеробстві залишається додатним (табл. 5).

Таблиця 5. Баланс елементів живлення в землеробстві господарства Черкаської області (за даними кафедри агрохімії та якості сільськогосподарської продукції НАУ)

Показник	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	кг/га	%	кг/га	%	кг/га	%
Втрати – всього у тому числі	173	100	65	100	144	100
винос з урожаєм	155	90	65	100	144	100
втрати з добрив	18	10	–	–	–	–
Надходження в ґрунт – всього у тому числі	213	100	122	100	201	100
з органічними добривами	79	37	36	29	99	49
з мінеральними добривами	97	46	85	70	100	50
з насінням	4	2	1	1	2	1
з опадами	5	2	–	–	–	–
за рахунок фіксації бульбачковими бактеріями бобових культур	25	12	–	–	–	–
за рахунок фіксації вільноіснуючими мікроорганізмами	3	1	–	–	–	–
Баланс (±)	40	–	57	–	57	–
Інтенсивність балансу, %	124	–	189	–	141	–

Лімітуючими факторами подальшого підвищення врожайності сільськогосподарських культур у таких господарствах можуть бути реакція ґрунтового розчину, вологозабезпеченість, рівень агротехніки, сортові особливості культур тощо. Тому показники балансу слід пов'язувати з усіма цими факторами, що дасть змогу зробити висновок про необхідність проведення того чи іншого заходу для подальшого підвищення врожайності сільськогосподарських культур у господарстві.

Нині у зв'язку з різким зменшенням обсягів застосування органічних і мінеральних добрив (порівняно з 1990 р. насиченість ріллі органічними та мінеральними добривами значно зменшилася) у багатьох господарствах України баланс головних елементів живлення став від'ємним. У таких господарствах отримують низькі врожаї всіх сільськогосподарських культур, і формуються ці врожаї переважно за рахунок родючості ґрунту. Отже, за таких умов спостерігається значне зниження родючості ґрунтів. Щоб виправити це становище, у господарствах необхідно насамперед вносити в достатніх кількостях органічні і мінеральні добрива та проводити хімічну меліорацію ґрунтів.

Показники балансу з метою їх використання під час складання системи застосування добрив треба аналізувати з урахуванням рівня врожайності, ґрунтової відміни, вмісту в ґрунті елементів живлення, реакції культур на внесення добрив, вологозабезпечення, рівня агротехніки тощо.

Без вивчення надходження та втрат елементів живлення в землеробстві, без складання балансу неможливо контролювати їх колообіг у господарстві та свідомо впливати на нього. Тому для підвищення ефективності застосування добрив найбільшу цінність мають дані балансу, одержані безпосередньо в господарстві для кожного поля сівозміни.

#### 1.4. Баланс гумусу

Вміст органічної речовини в ґрунті та її найціннішої складової частини – гумусу є важливим показником родючості, що характеризує його живильний режим, фізичні, фізико-хімічні та біологічні властивості. Гумус відіграє важливу роль у ґрунтоутворенні завдяки участі в колообігу, геохімічній міграції та акумуляції значної частини зольних елементів. Він забезпечує створення агрономічно цінної структури та сприятливі водно-фізичні властивості ґрунту. Від його вмісту значною мірою залежать такі властивості ґрунту, як теплоємність, теплопровідність, буферність щодо зміни реакції ґрунтового розчину. Органічні речовини значно впливають на родючість ґрунту, яка залежить від вмісту в їх складі біологічно активних речовин,

що впливають на фізіолого-біохімічні процеси в рослинах. Крім того, важко переоцінити значення органічної речовини ґрунту в забезпеченні рослин азотом, фосфором, сіркою і деякими мікроелементами та у підвищенні ефективності високих норм мінеральних добрив.

Отже, органічна речовина в ґрунті виконує дві важливі функції: 1) сприяє утворенню доброї структури ґрунту. При цьому окремі ґрунтові колоїди об'єднуються в крупніші агрегати з утворенням стабільної структури ґрунту, яка створює добрі умови для інтенсивного газообміну, легкого проникнення вологи в ґрунт, активного росту кореневої системи та високої біологічної активності; 2) виконує роль трансформатора поживних речовин у ґрунті. Органічна речовина в ґрунті постійно зазнає перетворення, розкладання та мінералізації, внаслідок чого в ньому нагромаджується значна кількість доступних для рослин поживних речовин.

Вміст гумусу в ґрунтах України визначається зональністю і їх гранулометричним складом, ефективністю ведення боротьби з водною і вітровою ерозіями. Вміст гумусу в орному шарі різних типів ґрунтів на території України змінюється від 5,6–6,5 % у чорноземах типових і звичайних лівобережних областей Лісостепу і Степу до 0,9–1,0 % – у дерново-підзолистих піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах Полісся.

Під впливом сільськогосподарської діяльності людини порушується природний процес гумусоутворення, зменшується кількість і змінюється якість органічної маси решток рослин, інтенсивність і спрямованість процесів гуміфікації. Якщо в часи В. В. Докучаєва (1882 р.) по Україні вміст гумусу становив 4,17 %, то в 1961 – 3,64, в 1981 – 3,32 %. У цілому за 100 років втрати його в ґрунтах Полісся становлять 18,9 %, у Лісостепу – 21,9, у Степу – 19,5 %, а середньорічні втрати гумусу на Поліссі досягли 0,18 т/га, у Лісостепу – 0,37, у Степу – 0,3 т/га (табл. 6). Середньорічні втрати гумусу за останні 20 років порівняно з попереднім 80-річним періодом зросли в Степу в 2,4 раза, на Поліссі – у 8,1 і в Лісостепу – в 1,65 раза, що пов'язано з інтенсифікацією землеробства та незбалансованістю живлення рослин.

Таблиця 6. Динаміка вмісту гумусу в ґрунтах України за 100 років  
(О. О. Бацула, С. А. Головачов, Р. Г. Дерев'янка)

Зона	Вміст гумусу, %			Втрати гумусу, т/га		
	1882	1961	1981	1882–1961	1961–1981	За 100 років
Полісся	2,44	2,30	1,98	0,07	0,57	0,18
Лісостеп	4,51	3,81	3,52	0,34	0,56	0,37
Степ	4,49	3,96	3,63	0,24	0,58	0,31
По Україні	4,17	3,64	3,32	0,30	0,57	0,32



Великі втрати гумусу відбуваються під впливом процесів ерозії ґрунтів. Так, вміст його в слабкородованих чорноземах зменшується на 5–10 %, середньородованих – на 25–30, в сильнородованих – на 35–40 % порівняно з їх повнопрофільними аналогами (Б. С. Носко, 1990). Наприклад, втрата лише 1 см верхнього шару ґрунту призводить до зменшення вмісту гумусу на 2–4 т/га.

Кількість гумусу, що втрачається внаслідок його мінералізації, залежить від багатьох агротехнічних факторів, серед яких основними є сівозмінна, удобрення та обробіток ґрунту. Стабілізації вмісту гумусу можна досягти виключно за рахунок ретельного дотримання всього комплексу агротехнічних заходів, які збільшують надходження в ґрунт органічних речовин у вигляді кореневих і пожнивних решток та органічних добрив. Розрахунки показують, що для бездефіцитного балансу гумусу в Україні треба щороку одержувати та вносити не менш як 340 млн т органічних добрив, у тому числі на Поліссі – 16, в Лісостепу – 11, в Степу – 8 т/га ріллі (табл. 7).

Порушення балансу гумусу загрожує виснаженням ґрунтів та погіршенням їх найважливіших властивостей і різким зниженням урожаю культур. Отже, для землеробства надзвичайно велике значення, поряд з іншими агротехнічними заходами, має використання органічних добрив. При цьому найбільша ефективність застосування органічних добрив спостерігається тоді, коли їх вносять разом з мінеральними добривами. Дослідження авторів свідчать, що в ґрунті нагромаджується гумусу на 8–17 % більше, ніж при використанні лише гною. За поєднаного внесення органічних і мінеральних добрив створюється оптимальне співвідношення вуглецю і азоту. Якщо вносять тільки органічні або тільки мінеральні добрива, то це співвідношення коливається і або відбувається закріплення азоту в ґрунті, або посилюються процеси нітрифікації чи денітрифікації.

Для збільшення вмісту гумусу в ґрунті при використанні органічних добрив велике значення має норма їх внесення. Найвища ефективність, наприклад, гною як гумусоутворювача

спостерігається при внесення його в оптимальних нормах. Збільшення або зменшення норм гною порівняно з оптимальними призводить до зниження його ефективності. Це пояснюється тим, що для кожного агротехнічного прийому характерний свій рівень самостабілізації гумусу. Тому норми органічних добрив треба підвищувати або знижувати тільки з урахуванням закономірностей, за якими здійснюється розкладання органічної речовини. Отже, підвищенням норм органічних добрив підсилити цей процес не можна, оскільки це призводить до збільшення процесів мінералізації в ґрунті.

За даними Т. Н. Кулаковської (1984) та Г. Я. Чесняка (1987), оптимальними параметрами вмісту гумусу в ґрунтах є, %: дерново-підзолисті піщані – 1,8–2, супіщані – 2–2,5, легко- та середньосуглинкові – 2–2,5, сірі лісові середньосуглинкові – 3,3–3,4, чорноземи звичайні важкосуглинкові – 5,5–6, чорноземи звичайні середньосуглинкові – 4–5.

У ґрунтах, в яких низький вміст гумусу (дерново-підзолисті, еродовані), треба насамперед збільшувати його вміст, у ґрунтах з високим вмістом гумусу – досягати його стабілізації.

Зменшення втрат гумусу та стабілізації його в ґрунті можна досягти застосуванням комплексу заходів: внесення органічних і мінеральних добрив, сімба багаторічних трав, раціональний обробіток ґрунту, дотримання оптимального співвідношення зернобобових і просапних культур у сівозмінах, застосування меліорантів тощо. Під час розробки таких заходів насамперед виникає питання, як розрахувати баланс гумусу? Експериментальне визначення балансу гумусу потребує багаторічних досліджень, тому його важко здійснити на практиці, проте вченими (А. М. Ликов, Г. Я. Чесняк) запропоновано кілька розрахункових методів визначення балансу гумусу.

Вихідними даними під час розрахунку балансу гумусу є науково обґрунтовані статті утворення (надходження) і витрат органічного вуглецю. До статей надходження балансу гумусу належать: надходження органічної речовини із кореневими та пожнивними рештками; з гноем та іншими органічними добривами; з насінням та садивним матеріалом; зв'язування вуглекислого газу атмосфери синьозеленими водоростями. До статей витрат гумусу належать: мінералізація органічних речовин ґрунту; внос гумусу поверхневими та вертикальними стоками; втрати внаслідок ерозії.

Надходження органічної речовини за рахунок діяльності синьозелених водоростей, з насінням і садивним матеріалом, за даними А. М. Ликова, коливається в межах 100–200 кг/га вуглецю, що повністю витрачається під час вертикального та поверхневого стоку.

Для спрощення розрахунків ці статті балансу не враховують.

Таблиця 7. Середньорічне внесення органічних добрив і розрахунок на перспективу (до 2005 р.), млн т (за даними Державного комітету статистики України та Укрхім)

Зона	Фактично			На перспективу		
	1981–1985	1988	1989	1998	2000	2005
Полісся	57	67	71	72	75	77
Лісостеп	103	109	111	130	137	142
Степ	92	89	97	134	139	143
По Україні	252	265	279	336	351	362

У процесі мінералізації гумусу утворюються мінеральні форми азоту, які використовуються рослинами та мікрофлорою. Тому в основу розрахунку балансу гумусу на кафедрі агрохімії та якості сільськогосподарської продукції Національного аграрного університету (НАУ) покладено баланс азоту в системі рослина-грунт-добриво. Метод розрахунку ґрунтується на припущенні, що 50 % азоту, який поглинається рослинами, виноситься під час розкладання гумусу. Оскільки азоту в гумусі міститься близько 5 %, то на 1 кг азоту треба, щоб мінералізувалося 20 кг гумусу.

Після внесення високих норм добрив частка азоту гумусу зменшується, а після внесення дуже малих норм добрив урожай формується майже повністю за рахунок азоту гумусу. Винос азоту визначають за допомогою довідкових даних та використовують дані балансу азоту в землеробстві господарства. Проте використання азоту гумусу залежить від гранулометричного складу ґрунту та особливостей вирощуваної культури.

Поправкові коефіцієнти на використання азоту такі: на ґрунтах важкосуглинкових – 0,8; середньосуглинкових – 1; легкосуглинкових – 1,2; супіщаних – 1,4; піщаних – 1,8; для багаторічних трав – 1; просапних – 1,8; зернових та інших однорічних культур суцільного посіву – 1,2.

Під час розрахунків для бобових культур беруть до уваги азот, який рослини засвоюють з ґрунту, з урахуванням його гранулометричного складу. Слід зазначити, що найбільше гумус мінералізується під просапними культурами. Це пов'язано з тим, що під час догляду за ними у міжряддях відбувається інтенсивне розпушування ґрунту, яке є визначальним фактором мінералізації гумусу. В чорному парі на чорноземних ґрунтах щорічна мінералізація гумусу досягає 2–2,5 т/га (Г. Я. Чесняк).

Статті надходження гумусу. В балансі найбільш істотною статтею надходження гумусу є органічна речовина кореневих і післяживних решток. У процесі оцінки впливу рослинних решток на утворення гумусу дуже важливо знати їх кількість та коефіцієнти гуміфікації. Кількість рослинних решток непрямо-лінійно залежить від рівня врожайності сільськогосподарських культур. Тому А. М. Ликовим (1976), Г. Я. Чесняком і Ф. І. Левіним (1977) запропоновані рівняння регресії, що дають змогу визначити кількість рослинних решток у ґрунті. У дерново-підзолистих ґрунтах Полісся кількість їх визначають за рівняннями регресії, яке вивів А. М. Ликов (табл. 8), а в ґрунтах Лісостепу та Степу – за рівняннями регресії Г. Я. Чесняка (табл. 9).

Для визначення кількості новоутвореного гумусу з рослинних решток треба їх кількість перемножити на коефіцієнти гуміфікації. Кількість новоутвореного гумусу визначають на кожному полі сівозміни чи під культурою в господарстві. Кількість

Таблиця 8. Рівняння регресії для визначення маси рослинних решток з урожаю основної продукції (А. М. Ликов)

Культура	Урожайність, ц/га	Рівняння регресії
Озима пшениця	10–50	$x=0,41y+19,88$
Ячмінь	10–50	$x=0,54y+10,11$
Картопля	70–240	$x=0,07y+3,54$
Кукурудза на силос	120–360	$x=0,1y+6,27$
Вико-вівсяна сумішка на сіно	15–65	$x=0,25y+14,74$
Конюшино-злакова сумішка на сіно	20–100	$x=0,23y+35,11$
Льон	6–14	$x=3,12y-3,19$

Таблиця 9. Рівняння регресії для визначення маси рослинних решток з урожаю основної продукції та коефіцієнти гуміфікації (Г. Я. Чесняк)

Культура	Рослинні рештки		Коефіцієнт гуміфікації
	поверхневі	кореневі	
Озима пшениця	$x=0,32y+13,5$	$x_1=0,71y+10$	0,20
Ярий ячмінь	$x=0,29y+6,8$	$x_1=0,54y+9,3$	0,22
Овес	$x=0,19y+14,8$	$x_1=0,42y+8,4$	0,22
Просо, сорго	$x=0,5y+7,4$	$x_1=0,57y+12,6$	0,22
Гречка	$x=0,28y+8,5$	$x_1=0,65y+11,5$	0,23
Кукурудза на зерно	$x=0,20y+1,6$	$x_1=0,83y+7,2$	0,20
Кукурудза на силос	$x=0,006y+5,7$	$x_1=0,10y+13,2$	0,17
Горох, вика, соя	$x=0,21y+4,5$	$x_1=0,36y+8,9$	0,23
Соняшник	$x=0,41y+3,2$	$x_1=1,16y+4,9$	0,14
Цукрові буряки	$x=0,005y+2,8$	$x_1=0,06y+5,7$	0,10
Кормові буряки	$x=0,003y+2,4^*$	$x_1=0,05y+5,2^*$	0,10
Багаторічні трави на сіно	$x=0,12y+5,9$	$x_1=1,02y+4,7$	0,25
Однорічні трави на сіно	$x=0,12y+6,8$	$x_1=0,5y+13,3$	0,22
Картопля, овочі	$x=0,068y+0,5$	$x_1=0,07y+8,0$	0,13
Озимі на зелений корм	$x=0,07y+7,5$	$x_1=0,07y+8,9$	0,13
Гній (суха речовина)	–	–	0,23

Примітка.  $x$  – кількість поверхневих решток, ц/га;  $x_1$  – кількість кореневих решток, ц/га;  $y$  – урожайність основної продукції, ц/га; для кормових буряків рівняння регресії Ф. І. Левіна (1977).

новоутвореного гумусу за рахунок гною визначають множенням кількості внесеного гною на кількість гумусу, яка може утворитися з 1 т гною.

Щоб визначити кількість гумусу, яка утвориться з 1 т гною, слід знати його вологість і коефіцієнт гуміфікації. Так, за вологості гною 75 % в 1 т його буде 250 кг сухої речовини. Перемноживши на коефіцієнт гуміфікації 0,23, отримаємо 58 кг, тобто з 1 т гною вологістю 75 % може утворитися 58 кг гумусу. За даними О. О. Бацули, Г. Я. Чесняка (1987), після внесення 1 т гною



8. Використовуючи коефіцієнти гуміфікації, наведені в табл. 9, розраховуємо кількість новоутвореного гумусу:

$$75 \text{ ц/га} \cdot 0,2 = 15 \text{ ц/га} = 1500 \text{ кг/га}.$$

9. Для обчислення надходження гумусу за рахунок органічних добрив треба знати норму сухої органічної речовини та коефіцієнт гуміфікації.

Після внесення під озиму пшеницю 20 т/га гною вологістю 75 % кількість новоутвореного гумусу становить:

$$20 \text{ т/га} \cdot 0,25 \cdot 0,23 = 1,15 \text{ т/га} = 1150 \text{ кг/га}.$$

Під час розрахунків утворення гумусу з органічних добрив А. М. Ликов застосовує такі коефіцієнти для перерахунку на підстилковий гній: гній – 1; безпідстилковий гній – 0,1; торфогнойові компости – 1,5; солома – 1; пташиний послід – 1,4; сапропель – 0,25.

10. Обчислюємо кількість гумусу, яка утворилася за рахунок мінералізації рослинних решток та органічних добрив:

$$1500 \text{ кг/га} + 1150 \text{ кг/га} = 2650 \text{ кг/га}.$$

11. Визначаємо кількість гумусу, яка утворилася на всій площі:  $500 \text{ га} \cdot 2650 \text{ кг/га} = 1\,325\,000 \text{ кг} = 1325 \text{ т}.$

12. Визначаємо баланс гумусу на всій площі, порівнюючи кількість гумусу, що утворилася (1325 т) та мінералізувалася (1080 т):

$$1325 \text{ т} - 1080 \text{ т} = 245 \text{ т}.$$

Якщо гумусу утворилося більше, ніж мінералізувалося, баланс додатний, а якщо навпаки – від’ємний.

13. Розраховуємо баланс гумусу (кг/га), для чого результат розрахунку балансу ділимо на всю площу:

$$245 \text{ т} : 500 \text{ га} = 0,49 \text{ т/га} = 490 \text{ кг/га}.$$

Такі розрахунки роблять для всіх культур, крім бобових.

Для розрахунку балансу гумусу під бобовими культурами треба зважати на те, що вони фіксують азот з атмосфери. Тому частину азоту, яка засвоюється рослинами з ґрунту, визначають так:

а) знаходять загальну кількість азоту в біомасі бобової культури (як при розрахунках балансу азоту);

б) визначають кількість азоту, яка фіксується бульбочковими бактеріями;

в) за різницею між загальною кількістю азоту в біомасі рослини та фіксованого азоту з повітря визначають кількість його, яку рослина використала з ґрунту;

г) дані записують у графу 4 табл. 10 і далі розраховують баланс гумусу так, як і для інших культур.

Провівши розрахунки балансу гумусу під усіма культурами господарства, підсумовують кількість гумусу, яка мінералізувалася (графа 9 табл. 10), і кількість гумусу, що утворилася (графа 18 табл. 10). Різниця між цими величинами становитиме баланс гумусу в господарстві. Якщо гумусу утворилося більше, ніж мінералізувалося, баланс гумусу додатний, а якщо менше – від’ємний.

Проте баланс гумусу на всю площу господарства ще не дає повного уявлення про його величину. Треба ще визначити, який баланс гумусу на одному гектарі. Для цього дані балансу ділять на площу ріллі й отримують показник у кілограмах на гектар. Знак балансу залишається.

У разі від’ємного балансу гумусу слід розробити заходи для його стабілізації. Наприклад, за від’ємного балансу гумусу 95 кг/га треба збільшити насиченість органічними добривами на  $95 : 58 = 1,6 \text{ т/га}$ , тобто якщо насиченість становила 9,5 т/га, то її потрібно довести до 11,1 т/га.

У комплексі заходів щодо стабілізації вмісту гумусу слід передбачити: внесення органічних добрив, сівбу багаторічних трав, залишення високої стерні, додержання оптимального співвідношення між культурами в сівозміні, хімічну меліорацію ґрунтів тощо.

Під час розробки заходів щодо збереження і підвищення родючості ґрунтів у господарствах треба широко використовувати розрахунковий метод визначення балансу гумусу. Це дає змогу встановити мінімально необхідні норми органічних добрив.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Баланс елементів живлення і його види.
2. Показники балансу. Їх характеристика та практичне використання.
3. Джерела надходження азоту в ґрунт.
4. Як визначити баланс азоту, фосфору і калію в господарстві?

## СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ

У зв'язку з постійним застосуванням мінеральних добрив в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України господарства перейшли від удобрення окремих культур до систематичного застосування добрив практично під усі культури сівозміни. Досвід показує, що тільки тоді, коли добрива вносять на полях сівозміни за певною науково обґрунтованою системою за чіткого виконання всіх вимог правильної сівозміни та високого рівня агротехніки, створюються оптимальні умови для підвищення родючості ґрунту і безперервного підвищення врожайності.

Система удобрення в сівозміні – це багаторічний план внесення органічних і мінеральних добрив та хімічних меліорантів, розрахований на ротацію сівозміни, в якому передбачено норми, строки внесення, способи та своєчасність заробляння в ґрунт добрив залежно від урожаю, що планується, біологічних особливостей та чергування культур у сівозміні з урахуванням властивостей та поєднання органічних і мінеральних добрив, ґрунтово-кліматичних і економічних умов у господарстві, охорони навколишнього середовища. За допомогою системи удобрення вирішують такі завдання: забезпечення максимально можливої продуктивності сівозміни, високих і стійких урожаїв усіх культур; раціональне використання родючості ґрунту та її підвищення при агрономічно та економічно доцільному застосуванні добрив.

Система удобрення в сівозміні є частиною системи застосування добрив – комплексу організаційно-господарських та агротехнічних заходів раціонального використання добрив і хімічних меліорантів в умовах певного господарства. Основні завдання системи застосування добрив у господарстві такі: вирощування високих і сталих урожаїв з високою якістю продукції, систематичне збільшення родючості ґрунтів, підвищення окупності одиниці внесених добрив і продуктивності праці, зниження собівартості виробництва сільськогосподарської продукції, забезпечення найвищого прибутку господарства. Під час складання системи застосування добрив виходять не тільки з агрономічної, а й з економічної доцільності та з планів

виробництва і продажу сільськогосподарської продукції господарством.

Система застосування добрив у господарстві передбачає проведення таких заходів: нагромадження гною та правильне його зберігання (будівництво гноєсховищ); заготівля торфу та його використання для удобрення культур (виготовлення компостів); заготівля та зберігання пташиного посліду, попелу та інших місцевих добрив; закупівля господарством мінеральних добрив та їх зберігання (будівництво типових складів); своєчасне вивезення органічних добрив на поля згідно з передбаченими нормами; механізація внесення та своєчасне і правильне заробляння добрив під окремі культури в сівозміні; заготівля насіння і сімба рослин на зелене добриво; придбання нової техніки; підготовка механізаторів і спеціалістів середньої і вищої ланок; організація праці і транспортних засобів тощо.

Під час складання системи застосування добрив у сівозміні треба враховувати наведені нижче основні принципи.

### 2.1. Народного господарське значення сільськогосподарських культур і розподіл добрив між сівозмінами

У системі удобрення особливу увагу приділяють культурам, які мають першочергове народного господарське значення. Важливо забезпечити добривами насамперед ті культури, поширення яких обмежене ґрунтово-кліматичними умовами, які найсприятливіші для їх вирощування, – льон, коноплі, картопля, цукрові буряки, рис, бавовник тощо. Важливо також раціонально розподіляти добрива між окремими сівозмінами, причому в овочевих сівозмінах треба планувати внесення на 1 га площі більше добрив, ніж у польових. Це пояснюється тим, що овочеві культури використовують підвищену кількість поживних речовин для формування високого врожаю. Якщо сівозміни насичені технічними культурами (льон, коноплі, цукрові буряки, картопля та ін.), добрив виділяють більше.

### 2.2. Біологічні особливості сільськогосподарських культур

Потреба рослин в елементах живлення протягом вегетації. Під час складання системи удобрення враховують особливості живлення рослин, оскільки різні рослини для свого росту і розвитку потребують неоднакових умов. Знання цих умов дає змогу найповніше задовольняти ці вимоги, особливо такого важливого фактора, як живлення. Повністю реалізувати потенційні можливості рослин можна лише за рахунок оптимізації всіх

факторів навколишнього середовища, в тому числі режиму живлення, без якого рослини не можуть нормально рости і розвиватися. Всі ці фактори рівноцінні і заміні не підлягають. Це означає, що нестача одного з них обов'язково негативно позначиться на врожаї культур.

Потреба рослин в елементах живлення неоднакова. Одна й та сама рослина в різні періоди росту та розвитку неоднаково вибаглива до умов живлення. Наприклад, у перший період вегетації, а він є критичним, рослина поглинає поживних речовин відносно мало, проте нестача їх надалі дуже негативно впливає на ріст рослини та її розвиток. Навіть посилене живлення в наступний період не усуває негативного впливу нестачі поживних речовин на початку вегетації. Особливо чутливі рослини на початку росту та розвитку до нестачі фосфору. Тому забезпечення потреби рослин у поживних речовинах у критичний період, коли вони найбільш чутливі до їх нестачі, і в період максимуму (найбільшої в них потреби), внесення добрив є одним з найважливіших завдань застосування добрив під окремі культури сівозміни. На нормальний ріст і розвиток рослин негативно впливає як нестача, так і надлишок будь-якого елемента живлення.

**Відношення рослин до концентрації ґрунтового розчину.** Під час планування норм, форм, строків і способів внесення добрив треба враховувати чутливість культурних рослин до концентрації ґрунтового розчину. З польових культур малочутливі до неї жито, пшениця, овес та ячмінь порівняно з горохом і льном. Дуже чутливі до підвищення концентрації ґрунтового розчину в перший період вегетації кукурудза, а також огірки та морква.

**Поглиняльна здатність кореневої системи.** Різні культурні рослини характеризуються неоднаковою поглиняльною здатністю кореневої системи використовувати з ґрунту та добрив поживні речовини. Наприклад, ячмінь характеризується дуже низькою здатністю поглинати фосфор з важкорозчинних сполук; пшениця і овес – низькою; жито і кукурудза – відносно високою; картопля, цукрові буряки, червона конюшина, гірчиця – високою; люцерна, горох, люпин, гречка – дуже високою. Отже, при внесенні добрив у сівозміні під окремі культури слід враховувати поглиняльну здатність кореневої системи для того, щоб підбором відповідних видів і форм мінеральних добрив створити найсприятливіші умови для формування високого врожаю.

**Характер розвитку кореневої системи рослин.** Під час планування строків внесення добрив і глибини їх заробляння слід враховувати розвиток кореневої системи, глибину її проникання в ґрунт та здатність рослин утворювати допоміжні корені.

**Відношення рослин до реакції ґрунтового середовища.** Сільськогосподарські культури по-різному реагують на реакцію ґрунтового середовища. За відношенням до кислої реакції ґрунту їх поділяють на групи. До першої групи належать люцерна, еспарцет, конюшина, рицина, конопля, гірчиця, капуста, цибуля, часник, перець, бавовник, столові, цукрові та кормові буряки, смородина. Ці рослини дуже чутливі до кислої реакції середовища ( $pH=5,8...7,0$ ) і позитивно реагують на вапнування кислих ґрунтів підвищеними нормами. До другої групи належать озима і яра пшениця, ячмінь, кукурудза, квасоля, горох, вика, соняшник, соя, кормові боби, стокolos, диня, салат, огірки, яблуня, слива, вишня. Вони чутливі до підвищеної кислотності ( $pH=5,3...6,5$ ), тому вапнування ґрунту проводять помірними нормами вапна. До третьої групи належать овес, жито, гречка, льон, кабачки, гарбузи, помідори, кавуни, редька, малина, агрус, груша. Ці культури витримують помірну кислотність ґрунту ( $pH=5...6$ ), позитивно реагують на невеликі норми вапна, проте негативно реагують на підвищений вміст кальцію. Четверта група – це рослини, які добре витримують підвищену кислотність ґрунту ( $pH=4,5...6,0$ ) і, як правило, не потребують його вапнування, – люпин, картопля, серадела, щавель, чайні куші.

У кислих ґрунтах спостерігається підвищений вміст рухомих сполук алюмінію та мангану, які негативно впливають на ріст і розвиток культурних рослин. За відношенням до підвищеного вмісту в ґрунті алюмінію та мангану рослини поділяють на такі групи (табл. 11).

Сільськогосподарські культури мають різну солестійкість. Стійкими рослинами є цукрові та столові буряки, ячмінь, бавовник; середньостійкими – жито, пшениця, кукурудза, рис, соняшник, помідори, капуста, цибуля, морква, огірки, виноград; нестійкими – квасоля, груша, яблуня, апельсин, слива, аб-

Таблиця 11. Відношення культур до підвищеного вмісту в ґрунті алюмінію і мангану

Група культур	Алюміній	Манган
Дуже чутливі	Конюшина червона, люцерна, буряки столові, жито, цибуля, салат, шпинат	Конюшина, люцерна, льон, озима пшениця, картопля
Середньочутливі	Ячмінь, льон, морква, помідори	Морква, буряки столові, капуста, помідори, яра пшениця, гречка, горох
Стійкі	Овес, кукурудза, щавель, картопля, тимофіївка	Овес, кукурудза, люпин

рикос, суниця. Рослини по-різному переносять солонцюватість ґрунтів. Найстійкішими рослинами до солонцюватості ґрунтів є ячмінь, буряки, бавовник, рис, айва; середньостійкими – морква, конюшина, цибуля, жито, пшениця, помідори; нестійкими – кукурудза, яблуна, груша, черешня, абрикос.

Відношення рослин до реакції ґрунтового середовища змінюється з віком. Так, найчутливіші до реакції ґрунтового середовища рослини в перший період життя, а з віком чутливість їх зменшується. При складанні системи удобрення враховують відношення сільськогосподарських рослин до реакції ґрунту і за допомогою хімічної меліорації створюють оптимальні умови для розкриття рослинами своїх потенційних можливостей.

Відношення рослин до норм добрив. За стійкістю до норм мінеральних добрив сільськогосподарські культури розміщують у такій послідовності: озима пшениця, ячмінь, овес, просо, льон, горох, люпин. Це треба враховувати при плануванні норм, строків та способів внесення мінеральних добрив.

### 2.3. Ґрунтово-кліматичні умови

**Ґрунтові умови.** Вплив ґрунту на врожайність культур визначається запасами в ньому елементів живлення і вологи, реакцією ґрунтового розчину і вмістом у ґрунті органічної речовини, фізичними і біологічними властивостями ґрунту. Такі фактори, як дія мінеральних добрив, підбір відповідних сортів і системи агротехнічних заходів, а також вплив останніх на врожай, тісно пов'язані з властивостями ґрунтів, залежать від них і, у свою чергу, впливають на їх властивості. Тому вибір добрив, встановлення строків внесення та способів їх заробляння залежать від типу і відмін ґрунту, його гранулометричного і хімічного складу, рівня окультурення, реакції і вмісту легкозасвоюваних поживних речовин. Наприклад, на чорноземах застосовують переважно фосфорні добрива, а на дерново-підзолистих ґрунтах – азотні і здебільшого калійні. Залежно від типу і відмін ґрунту добрива вносять у різних співвідношеннях. Так, на дерново-підзолистих, світло-сірих і сірих лісових ґрунтах мінеральні добрива вносять у співвідношенні  $N : P_2O_5 : K_2O = 1,2...1,3 : 1 : 1,2...1,3$ ; на темно-сірих лісових ґрунтах, чорноземах опідзолених, вилугуваних і реградованих –  $1 : 1 : 1$ ; на чорноземах Степу –  $1 : 1...1,3 : 1$  (якщо вони засолені  $1 : 1...1,3 : 0$ ). Ці співвідношення можуть змінюватись залежно від біологічних особливостей культур.

Під час складання системи удобрення в сівозміні обов'язково слід враховувати гранулометричний склад ґрунту, який впливає на переміщення добрив у ґрунті, поглинання та закріплення їх ґрунтом. Це, у свою чергу, впливає на процес погли-

нання поживних речовин рослинами. Наприклад, на ґрунтах важкого гранулометричного складу внесені добрива поглинаються і закріплюються сильніше, отже, вони переміщуються з водою повільніше, в результаті чого зменшуються їх втрати і створюються кращі умови для живлення рослин. Від гранулометричного складу ґрунту залежать інтенсивність мінералізації органічної речовини ґрунту й органічних добрив, вміст поживних речовин, особливо калію, норма хімічних меліорантів, глибина заробляння добрив.

На ефективність добрив значно впливає рівень окультурення ґрунту, від якого залежать мікробіологічна діяльність, водний і повітряний режими, вміст легкозасвоюваних форм поживних речовин, насамперед нітратного та амонійного азоту. Це треба враховувати під час застосування добрив.

Правильний розподіл і раціональне застосування добрив з урахуванням окультурення ґрунту мають ґрунтуватися на спрямуванні й характері змін вмісту поживних речовин, їх форм та властивостей ґрунту залежно від норм застосування і співвідношення добрив; впливові окультурення ґрунту на врожай сільськогосподарських культур і його якість, оптимальному вмісту в ґрунті поживних речовин, певному балансу елементів живлення для створення й підтримання доцільних рівнів їх вмісту; ефективності добрив, їх оптимальних нормах та співвідношеннях залежно від вмісту в ґрунті, прогнозуванні застосування добрив після окультурення ґрунту.

Деякі властивості ґрунту змінюються повільно (гранулометричний склад), а інші (вміст поживних речовин, кількість поглинутих основ, реакція ґрунтового розчину, глибина орного шару, вміст гумусу та ін.) внаслідок діяльності людини змінюються швидше, тому їх визначають періодично.

Під час складання системи застосування добрив треба визначити, як впливають на врожай та ефективність добрив зміни вмісту поживних речовин у ґрунті. Для правильного складання системи удобрення визначають параметри вмісту в ґрунті поживних речовин та їх форми, які забезпечують вирощування максимального врожаю культур за високої якості, а також певний рівень норм і співвідношення добрив для підтримання цих параметрів.

Виявлені кількісні закономірності впливу добрив, їх норм і співвідношень на поживний режим різних типів ґрунтів, а також залежність урожаю від агрохімічних властивостей ґрунту дають змогу застосовувати науково обґрунтовану прогресивну технологію для вирощування сільськогосподарських культур, зробити прогнозування дії добрив залежно від вмісту в ґрунтах поживних речовин і в зв'язку з цим внести відповідні корективи в систему удобрення сільськогосподарських культур.

**Кліматичні умови.** Ефективність добрив значною мірою залежить від кліматичних умов, насамперед від водного режиму ґрунту, який, у свою чергу, залежить від його фізичних властивостей. Якщо вологість в ґрунті не вистачає, то ефективність добрив знижується. Тому в районах з недостатнім зволоженням важливо передбачати глибину заробляння добрив та доцільність проведення підживлення сільськогосподарських рослин. За достатнього зволоження або під час зрошення мінеральні добрива вносять у підвищених нормах, підбирають відповідні їх форми та строки внесення для запобігання вимиванню поживних речовин у нижчі шари ґрунту.

Під час складання системи застосування добрив необхідно враховувати, що встановлення норм добрив та спосіб їх внесення залежать і від рівня залягання ґрунтових вод, наприклад в умовах нестійкого та недостатнього зволоження. Так, на зрошуваних землях в умовах Степу при рівні залягання ґрунтових вод менш як 3–5 м міграція азоту досягає ґрунтових вод. Якщо рівень ґрунтових вод перевищує 5–8 м і гранулометричний склад ґрунто-підґрунтя важкий, вносять усю рекомендовану норму добрив. При рівні ґрунтових вод 3–5 м норми азотних добрив становлять 80–90 %, а якщо менше 2–3 м, то вносять не більш як 60–80 % рекомендованої норми.

## 2.4. Агротехнічні умови

**Залежність ефективності добрив від рівня агротехніки.** Під час складання системи удобрення враховують залежність дії добрив від агротехніки. Внесенням порівняно невеликих норм добрив на фоні високого рівня агротехніки досягають значного ефекту, а високі норми на фоні низького рівня агротехніки дуже часто врожаєм не окупляються. Отже, високий рівень агротехніки є необхідною умовою ефективного використання добрив, і, навпаки, нестача поживних речовин у ґрунті обмежує використання умов, які створюються високим рівнем агротехніки.

**Вплив попередника.** У разі розміщення добрив у сівозмінах треба враховувати вплив попередньої культури на їх ефективність. Одна й та сама культура в межах однієї сівозміни на фоні однакових ґрунтово-кліматичних умов має отримувати добрива в різних кількостях і різного складу з урахуванням місця в сівозміні.

Озима пшениця, яку сіють після чорного пару, дає високі і сталі врожаї зерна після внесення фосфорних добрив. Пшеницю, яку розміщують у сівозміні після зернових і просапних культур, насамперед удобрюють азотними і фосфорними добривами. Цукрові буряки, які сіють після бобових трав (оранка з

оборотом пласта), слабше реагують на азотні та сильніше на фосфорні й калійні добрива. Льон після багаторічних бобових трав удобрюють здебільшого фосфорними і калійними добривами за помірних норм азотних, а після інших попередників або після старооранки насамперед забезпечують азотними добривами.

**Тривалість дії добрив.** Добрива, внесені в сівозміні, діють протягом кількох років. Особливо тривала післядія спостерігається після внесення хімічних меліорантів, високих норм підстилкового гною та компостів, фосфоритного борошна. В сівозмінах, де під сільськогосподарські культури систематично вносили органічні і мінеральні добрива, норми їх зменшують, а в сівозмінах, де добрива в попередні роки вносили в недостатній кількості, – збільшують. Від ротації до ротації сівозміни ефективність добрив підвищується. Однак за систематичного внесення добрив змінюється ефективність їх окремих видів: знижується дія на врожай культур фосфорних добрив і, навпаки, підвищується ефективність азотних і калійних.

Основою під час складання системи удобрення є прийняте чергування культур у сівозміні. Система удобрення – це перспективний план використання добрив і меліорантів, тому під час її складання треба враховувати останні досягнення науки та передового досвіду. Під час складання системи удобрення враховують загальний рівень родючості ґрунту на всій площі сівозміни і не враховують відмінності у родючості окремих полів.

Кафедра агрохімії та якості сільськогосподарської продукції НАУ рекомендує розробляти систему застосування добрив у сівозмінах у такій послідовності: 1) хімічна меліорація ґрунтів; 2) розміщення гною та інших місцевих добрив; 3) розміщення мінеральних добрив; 4) визначення загальної потреби в добривах для сівозміни; 5) визначення насичення сівозміни добривами (див. табл. 12).

Для визначення потреби в добривах на всю площу сівозміни норми добрив на 1 га поживних речовин множать на середній розмір поля сівозміни й одержують кількість поживних речовин, яка необхідна для всієї площі посіву культури. Потім визначають загальну кількість добрив для всієї сівозміни.

У зв'язку з тим, що під час складання системи удобрення використовують середні рекомендовані норми, а середньозважений рівень вмісту в ґрунті сівозміни поживних речовин буває нижчим або вищим за середній, загальну потребу в добривах коригують. Існує кілька методів коригування потреби в добривах. Усі вони майже рівноцінні. Однак кафедра агрохімії та якості сільськогосподарської продукції НАУ використовує найбільш доступний метод, який не потребує значного обсягу інформації. Суть цього методу полягає в тому, що за низького



Таблиця 12. Система удобрення культур у \_\_\_\_\_ сівозміні (середній розмір поля \_\_\_\_\_ га). Ґрунт \_\_\_\_\_  
Середньоозважена забезпеченість азотом \_\_\_\_\_ фосфором \_\_\_\_\_ калієм \_\_\_\_\_

Чергування культур	Основне удобрення				Передпосівне удобрення		Припосівне удобрення				Підживлення				Всього слід внести (норма добрив)					
	вапном, гіпсом, т	органічними добривами, т	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	місцевими добривами, т	N	місцевими добривами, т	органічними добривами, т	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	місцевими добривами, т	органічними добривами, т	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	мікродобрив, кг	всього NPK, кг/га	
Всього за сівозміну Співвідношення NPK Насиченість на 1 га Всього добрив з урахуванням середньозваженої забезпеченості, ц																				

рівня забезпеченості рослин фосфором і калієм потребу в добривах збільшують у 1,2–1,3 раза, за високого – зменшують в 0,7–0,8 раза, а за середнього – залишають без змін. Насиченість сівозміни добривами визначають діленням загальної кількості добрив після коригування на загальну площу сівозміни.

Завершальним етапом складання системи застосування добрив є її агрохімічне та агроекологічне обґрунтування: потреби в хімічній меліорації ґрунтів, норми меліорантів і місця проведення цих заходів у сівозмінах; норми і місця внесення органічних та інших місцевих добрив (гною, компостів, попелу, пташиного посліду, гноївки, сапропелю тощо); доцільність удобрення культур; норми добрив, їх співвідношення і способи внесення у зв'язку з особливостями живлення культур, ґрунтово-кліматичними, агротехнічними та агроекологічними умовами.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Поняття і завдання системи застосування добрив у сівозміні.
2. Які показники враховують при складанні системи застосування добрив?
3. Які агрохімічні показники враховують при складанні системи застосування добрив? Їх теоретичне і практичне значення.

## ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ

Під час визначення норм і доз добрив ураховують біологічні особливості культур, сівозміну, величину планового врожаю, властивості ґрунту, кліматичні (погодні) умови, технологію вирощування.

Науково обґрунтована система застосування добрив передбачає використання їх в онтогенезі з урахуванням забезпеченості рослин поживними речовинами і водою, величини та якості вирощуваної продукції.

Насіння або розсаду рослин розміщують у такому шарі ґрунту, який здатний забезпечити рослину поживними речовинами в оптимальній кількості та співвідношеннях. Створення запасу поживних речовин у зоні розташування кореневої системи є основним завданням правильної системи застосування добрив.

З моменту набубнявіння майбутня рослина відчуває потребу у воді та поживних речовинах. Найкритичнішим періодом у житті рослин є період появи сходів. Нестача макроелементів, особливо азоту, фосфору, а також мікроелементів у цей період значною мірою впливає на величину майбутнього врожаю.

У періоди найбільшої потреби в поживних речовинах (у фазу формування продуктивних органів) рослини треба забезпечувати поживними речовинами у необхідній кількості і співвідношеннях. У прогресивних технологіях вирощування сільськогосподарських культур ця вимога є обов'язковою.

Засвоєння рослинами поживних речовин залежить переважно від концентрації ґрунтового розчину, яка в незасолених ґрунтах, як правило, становить 0,02–0,2 %. За низької концентрації ґрунтового розчину рослини, які страждають від нестачі поживних речовин, погано ростуть і розвиваються. Концентрація ґрунтового розчину, вища за 0,2 %, збільшує в ґрунті осмотичний тиск і затримує засвоєння поживних речовин та води рослинами, пригнічує їх розвиток. Особливо чутливими до засвоєння поживних речовин є молоді рослини. Дуже чутлива до концентрації ґрунтового розчину кукурудза, менш чутлива пшениця, а жито менш чутливе порівняно з льоном. Огірки і морква більш чутливі до концентрації ґрунтового розчину, ніж інші овочеві культури.

Якщо концентрація одного з елементів живлення змінюється на 30–100 % порівняно з оптимальною кількістю в поживному розчині, то це призводить до зміни поглинання рослинами інших елементів живлення (Б. О. Ягодин, 1982). Достатня кількість засвоєваних сполук азоту і калію сприяє інтенсивному поглинанню рослинами елементів живлення, росту і розвитку рослин. Так, підвищене забезпечення рослин азотом сприяє більшому надходженню у них сірки, фосфору, кальцію, магнію і мікроелементів. Надлишкове живлення рослин азотом може призвести до зменшення поглинання інших елементів живлення.

У практиці сільського господарства спостерігаються випадки пригнічення сходів цукрових буряків під час внесення в рядки високих норм азотних добрив, особливо в амонійній формі. Тривалість періоду пригнічення росту і розвитку залежить від інтенсивності вуглеводного обміну. Негативна дія надлишку азоту припиняється тоді, коли рослина утворює достатню листову поверхню і процес фотосинтезу відбувається інтенсивніше.

Реакція середовища ґрунту в поєднанні з іншими факторами також впливає на процес поглинання рослинами та використання ними елементів живлення. Вплив реакції ґрунтового середовища на рослину залежить від типу ґрунту, його окультуреності, сівозміни, насичення органічними і мінеральними добривами тощо.

Оптимальне значення рН для більшості культур становить 6,5 (табл. 13). Найчутливіші до реакції середовища ґрунту, особливо лужного, рослини у перші фази росту і розвитку. Тому набір культур у сівозміні роблять з урахуванням чутливості рослин до реакції ґрунтового середовища.

Таблиця 13. Відношення різних рослин до реакції ґрунту

Рослина	Інтервал рН, сприятливий для росту рослин	Рослина	Інтервал рН, сприятливий для росту рослин
Люцерна	7,8–8,0	Соя	6,5–7,5
Цукрові		Горох	6,0–7,0
і столові буряки	7,0–7,5	Конюшина	6,0–7,0
Коноплі	7,1–7,4	Соняшник	6,0–6,8
Капуста	6,5–7,4	Бавовник	6,5–7,3
Огірки	6,4–7,5	Просо	5,5–7,3
Цибуля	6,4–7,5	Жито	5,5–7,3
Ячмінь	6,8–7,5	Овес	5,5–7,5
Пшениця		Гречка	4,7–7,5
озима	6,3–7,6	Льон	5,5–6,5
яра	6,0–7,5	Картопля	5,0–5,5
Кукурудза	6,0–7,0	Люпин	4,6–6,0

Коренева система рослин підкислює реакцію ґрунтового середовища, особливо у ризосфері. В ризосфері ґрунту найінтенсивніше відбуваються обмінні реакції, які зумовлюють більшу рухомість поживних речовин. Однак вплив кореневої системи на реакцію ґрунтового середовища не настільки сильний, щоб у ґрунті створилось оптимальне значення рН, яке забезпечить високу продуктивність рослини. Підкислення середовища ґрунту збільшує засвоєння рослинами аніонів, а підлугування – стимулює поглинання катіонів.

Кислотність ґрунту негативно впливає на живлення рослин, їх ріст і розвиток, хімічні, фізико-хімічні й біологічні процеси. Чутливість рослин на зниження кислотності після вапнування залежить від початкової величини рН та гранулометричного складу ґрунту. Наприклад, урожайність озимої пшениці на дерново-підзолистих ґрунтах супіщаного гранулометричного складу при збільшенні рН на одиницю підвищується на 3 ц/га, на суглинкових – на 6,2–7 ц/га. Різниця в урожаї на полях, де  $pH = 5$  і  $pH = 5,5$  становить 4,5 ц/га, а на полях, де  $pH \approx 5,5$  і  $pH = 6 - 1,8$  ц/га (Л. М. Державін).

Так, у Білорусі після 15-річного вапнування кількість ґрунтів з сильнокислою реакцією зменшилась з 85 до 20 %. Показник рН збільшився з 4,5 до 5,6. Одночасно зросла потреба у калії, особливо для калієфобних культур, посилюється колообіг біофілних елементів і гумусу (Т.Н. Кулаковська).

Найкращі врожаї озимої пшениці, ячменю, цукрових буряків, люцерни вирощують за нейтральної реакції ґрунтового середовища. Картопля, жито, овес більш продуктивні при  $pH=5...6$ . Однак високий вміст алюмінію і мангану в кислих ґрунтах знижує зимостійкість озимих культур і конюшини (М.С. Авдонін).

Реакцію середовища ґрунту регулюють вапнуванням, гіпсуванням і застосуванням різних агротехнічних прийомів. Різні способи обробки ґрунту і внесення добрив впливають на розвиток кореневої системи рослин. Одна рослина озимого жита за 4 міс. вегетації утворює близько 13,8 млн великих і малих корінців, загальна довжина яких становить понад 600 км, а поверхня займає 240 м<sup>2</sup>. Кількість кореневих волосків – 14 трлн із загальною довжиною за 10,5 тис км, і поверхнею близько 400 м<sup>2</sup>. Загальна площа коренів всмоктування в десятки і сотні разів перевищує поверхню надземної маси рослини (О. В. Петербурзький, 1985).

Добрива сприяють посиленому розвитку кореневої системи рослин, унаслідок чого її поглинальна поверхня після внесення добрив збільшується (табл. 14).

Для забезпечення рослин оптимальними умовами живлення, водою і мінеральними сполуками треба створювати потуж-

Таблиця 14. Зміна поглинальної поверхневої кореневої системи однієї рослини кукурудзи, м<sup>2</sup> (Л. А. Левченко)

Варіант дослідів	Фаза розвитку								
	4-5 листків			цвітіння			воскова стиглість		
	Поверхня								
	загальна	робоча	недіяльна	загальна	робоча	недіяльна	загальна	робоча	недіяльна
Контроль	3,04	0,63	2,41	23,92	8,55	15,37	66,42	4,98	61,58
NK-фон	2,87	1,80	1,07	45,99	19,74	26,25	117,84	32,16	85,68
Фон+P <sub>c</sub>	5,17	1,05	4,42	83,07	36,41	46,41	126,54	30,42	96,12
Фон+P <sub>с</sub>	4,30	1,16	3,14	79,62	23,72	55,90	235,32	48,23	187,00
Фон+P <sub>с</sub>	4,29	3,14	1,15	57,47	21,55	35,92	349,40	71,98	277,42

ний орний шар ґрунту. Під час визначення строків і способів внесення, норм, доз і форм добрив ураховують особливості розвитку кореневої системи рослин, здатність поглинати поживні речовини. Під культури з добре розвиненою і глибоко розташованою кореневою системою основну масу добрив вносять у нижню частину орного шару, із слабко розвиненою – у верхню. Живлення рослин поліпшується після внесення добрив у рядки і після підживлення.

Дослідженнями Інституту цукрових буряків УААН встановлено, що у фазу утворення другої пари справжніх листків коренева система цукрових буряків розміщується у шарі ґрунту 5–15 см, а стрижневий корінь її сягає глибини 30 см. У період змикання листків у рядках коренева система проникає на глибину 40 см, а в період максимального розвитку поверхні листя розгалуження кореневої системи сягає 1,4–1,6 м. За вегетаційний період коренева система цукрових буряків проникає на глибину 2–2,5 м. Тому залежно від інтенсивності розвитку кореневої системи цукрових буряків змінюється характер поглинання азоту. На початку вегетаційного періоду рослини засвоюють азот із верхніх частин орного шару ґрунту. У міру розвитку та заглиблення кореневої системи і до кінця вегетації рослини засвоюють азот з глибших шарів ґрунту. Поглинання азоту за 6–8 тижнів до збирання врожаю буряків зменшується. Потреба коренеплідів у другій половині вегетації на 40–60 % задовольняється за рахунок реутилізації азоту листя.

З метою спрямованого впливу на формування врожаю цукрових буряків за допомогою добрив у перший період їх росту і розвитку треба створити умови посиленого азотного, у другий період – фосфорно-калійного живлення.

Потреба рослин у певних кількості та співвідношенні елементів живлення є генетичною ознакою. За оптимальних умов вирощування ця потреба виявляється найбільше. Хімічний склад рослин свідчить про те, що потреба рослин у макро- і мікроелементах неоднакова для вирощування різного врожаю (табл. 15).

Вибіркова здатність рослин поглинати іони виявляється найкраще під час вирощування їх на ґрунтах з високим вмістом елементів живлення. Використання азоту і зольних елементів відбувається найактивніше у період інтенсивного наростання об'єму і маси рослин. Припинення приросту органічної маси супроводжується зниженням потреби в елементах мінерального живлення. Так, найенергійніше поживні речовини поглинаються рослинами цукрових буряків у червні, липні і в другій половині серпня – на початку утворення максимальної маси кореня (табл. 16). У другій половині серпня і на початку вересня поглинання елементів живлення припиняється.

Наприкінці вегетації можливі деякі втрати поживних речовин унаслідок десорбції. Чим вищий урожай, тим більше відбувається засвоєння поживних речовин (табл. 17).

Створення певного запасу поживних речовин у ґрунті до початку сівби, внесення добрив у рядки, підживлення й обробіток ґрунту дають змогу посилити процеси формування врожаю високої якості. Створення оптимальних умов живлення досягається регулюванням надземної маси рослин, коренеплоду, що особливо важливо для вирощування високих урожаїв цукрових буряків (табл. 18).

Регулюванням умов живлення цукрових буряків можна значно підвищити врожай. Наприклад, у ланці М. Пекельної при співвідношенні на початку росту і розвитку рослин цукрових буряків N : P : K = 1 : 0,5 : 2, 15 червня – 1 : 3 : 5, 15 липня – 1 : 3 : 4, подальшому – 1 : 2 : 3,5 виростили врожай 1232 ц/га коренеплодів.

Дослідженнями Інституту цукрових буряків УААН встановлено, що потреба цукрових буряків навіть після внесення високих норм азотних добрив задовольняється переважно за рахунок азоту ґрунту. Так, після внесення  $N_{100-200}$  на чорноземі вилугуванням малогумусних вміст азоту в рослинах становив 80–70 % біологічного виносу загального азоту. На початку росту і розвитку цукрових буряків рослини поглинають здебільшого азот допосівного удобрення. У фазі трьох пар листків азот добрив становив 60–80 % виносу загального азоту. До збирання врожаю кількість засвоєного азоту ґрунту збільшилася у 4–8 разів, досягаючи 80–90 % загального азоту, який міститься у рослині.

Зміна співвідношення N : P : K у живильній суміші у різні фази росту і розвитку рослин кукурудзи з урахуванням потреби

Таблиця 15. Склад коренеплодів цукрових буряків, % на суху речовину (П. А. Власюк)

Урожайність, ц/га	Зола	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
250–400	4,05	1,29	0,40	1,03	0,38	0,24	0,19	0,49	0,11
600–800	3,97	1,18	0,34	1,37	0,35	0,23	0,27	0,45	0,10
903–1024	3,57	1,10	0,47	1,42	0,34	0,22	0,29	0,42	0,11

Таблиця 16. Надходження поживних речовин і наростання маси рослин цукрових буряків (П. А. Власюк)

Показник	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Всього
Надходження поживних речовин, кг/га							
азоту	2	31	70	26	16	7	152
фосфору	1	8	19	13	10	5	56
калію	3	29	93	51	31	15	222
Наростання маси рослин, г							
кореня	0,1	20	163	505	728	860	860
листя	0,9	66	251	303	263	227	227
на 100 г маси кореня припадає							
листя, г	989	330	154	60	36	28	–

Таблиця 17. Вміст поживних речовин у рослинах цукрових буряків (П. А. Власюк)

Час спостереження	Урожайність, ц/га	Співвідношення поживних речовин					
		у коренеплодах			у гичці		
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	K <sub>2</sub> O
15 червня	521	1	2,72	2,70	1	3,54	5,24
15 липня	521	1	1,83	2,47	1	3,18	4,51
15 червня	903	1	2,95	4,91	1	3,91	7,62
15 липня	903	1	2,10	3,68	1	3,00	4,05

Таблиця 18. Співвідношення між масами гички і коренеплодів цукрових буряків (П. А. Власюк)

Час спостереження	Маса, г		Щоденний приріст коренеплоду, г
	гички	коренеплоду	
1 липня	275	45	–
30 липня	515	320	9,2
30 серпня	753	738	13,9
15 жовтня	853	896	3,3

їх у головних елементах живлення позитивно впливає на утворення біомаси за пониженого рівня живлення, за високого – не впливає на біосинтез органічної речовини (В. Г. Мінес, О. М. Павлов, 1981).

У дослідях В. М. Гамалея та інших (1980) з картоплею на дерново-слабокідколистих глинисто-піщаних ґрунтах після внесення від  $N_{45}P_{30}K_{15}$  до  $N_{160}P_{120}K_{180}$  на фоні 40 т/га гною і вапнування приріст урожаю в роки досліджень коливався від 23 до 86 ц/га (табл. 19). Максимальний вміст крохмалю в бульбах картоплі був після внесення  $N_{200}P_{150}K_{225}$ ; білка – після внесення повного добрива у співвідношенні 5 : 1 : 5. Підвищення доз фосфору до  $P_{90}$  на фоні  $N_{200}K_{225}$  зумовило зниження вмісту білка в бульбах картоплі (табл. 19).

Найкращим варіантом у досліді щодо врожайності був той, де внесли  $N_{200}P_{150}K_{45}$  на фоні застосування гною і вапнування. Урожайність при цьому перевищувала 200 ц/га з вмістом крохмалю в бульбах 17,2 %.

Численні досліді свідчать про те, що основний вплив на вміст білка в зерні озимої пшениці має рівень азотного живлення, а не співвідношення між азотом і фосфором. В умовах нестачі деяких елементів у живильній суміші внесення їх у різних співвідношеннях впливає на ріст, продуктивність рослин та якість продукції. У таких умовах виявляється вплив не співвідношення, а нестача конкретного елемента живлення.

У разі вирощування культур на ґрунтах з високим рівнем забезпеченості елементами живлення і значним насиченням сі-возміни добривами значення співвідношення між азотом, фосфором і калієм зменшується. Тому під час складання плану і

системи застосування добрив слід встановлювати оптимальні норми і дози добрив для кожного рівня з урахуванням біологічних і сортових особливостей рослин, забезпечення їх поживними речовинами, величини врожайності та її якості, оплати одиниці поживної речовини продукцією. Запропоновані система і план застосування добрив та інших засобів хімізації повинні бути економічно й екологічно обґрунтовані.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Від чого залежить вміст і надходження поживних речовин у рослину?
2. Яка роль концентрації ґрунтового розчину (рН) у засвоєнні речовин рослиною? Як можна впливати на формування врожаю і його якості?

Таблиця 19. Урожайність і якість картоплі залежно від доз і співвідношення мінеральних добрив (I N=45, I P=30, I K=45 кг/га)

Варіант дослідів	Урожайність, ц/га	Вміст		
		крохмалю, %	білкового азоту, %	вітаміну С, мг %
000	133	17,4	0,83	10,0
111	156	16,4	0,69	9,5
222	198	17,2	0,83	9,6
333	184	16,2	0,84	9,8
444	219	16,8	0,93	9,0
555	194	15,8	0,94	9,1
155	197	17,0	0,82	9,9
365	228	15,0	0,85	9,3
515	234	16,4	0,96	9,8
535	220	15,0	0,85	9,8
551	209	17,2	0,68	9,7
553	235	16,1	0,89	7,8

## СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ

Добрива є основним фактором впливу на умови живлення рослин, родючість ґрунту і ґрунтове середовище. Способи і строки внесення добрив залежать від біологічних і сортових особливостей культур, попередників, ґрунтово-кліматичних умов і організаційно-господарських можливостей господарства. Ґрунтово-кліматичні умови та рівень забезпечення рослин поживними речовинами значною мірою залежать від способів внесення добрив. Основними способами застосування добрив є розкидний і локальний.

Локальне внесення добрив порівняно з розкидним підвищує врожайність зернових культур на 2–5 ц/га, зерна кукурудзи – на 5–8, картоплі, коренеплодів, овочевих і силосних культур – на 20–40 ц/га і більше. Підвищення врожайності при локальному внесенні порівняно з розкидним пояснюється меншим поглинанням ґрунтом елементів живлення, більшим їх засвоєнням рослинами, меншими газоподібними втратами азоту (табл. 20).

Локальне внесення добрив поєднують з сівбою і садінням рослин, що дає змогу рівномірно розташувати їх щодо насіння.

За призначенням розкидне і локальне внесення добрив може бути основним, рядковим або як підживлення.

Таблиця 20. Вплив різних способів внесення азотних добрив на приріст зерна рису і баланс  $^{15}\text{N}$  (В. М. Кудяров, 1985)

Внесено азоту сульфату амонію, г/посудину	Приріст зерна, % до фону Р, при		Вміст азоту добрива, % від внесеного					
	рівномірному внесенні	локальному внесенні	рівномірно			локально		
			в урожаї	залишилося в ґрунті	не враховано	в урожаї	залишилося в ґрунті	не враховано
1,0	86	117	25	11	64	51	17	32
2,0	206	256	41	10	49	55	19	27
3,0	285	348	58	8	34	71	13	16

## 4.1. Розкидний спосіб внесення добрив

Розкидне внесення добрив передбачає суцільний рівномірний розподіл їх по поверхні з наступним зароблянням у ґрунт при основному, передпосівному і посівному внесеннях, а також як підживлення.

Під час оранки плугом з передплужником понад 80 % гранульованих добрив розміщується в шарі ґрунту на глибині 8–18 см, а під час оранки без передплужника вони рівномірно розподіляються по всьому шарі ґрунту. Якщо добрива в ґрунт зароблять під час культивування або боронування, 50–80 % їх залишається в шарі ґрунту 0–2 см, а 81–100 % розміщується в шарі 0–6 см. Під час безвідвального обробітку добрива в ґрунті розподіляються локально.

Розміщення добрив у верхній частині орного шару ґрунту зумовлює зниження оплати одиниці поживної речовини добрива, що особливо виявляється в умовах недостатнього зволоження. Змішування добрив за мінімального обробітку ґрунту (без обороту пласта) не відбувається, внаслідок чого посилюються процеси іммобілізації азоту, фосфору і сірки, зменшується кількість доступних для рослин сполук азоту, фосфору в орному шарі.

При розкидному внесенні добрив без заробляння в ґрунт на глибину не менш як 5 см можливі значні втрати газоподібного азоту. Особливо великі втрати елементів живлення відбуваються внаслідок змиву і газоподібних виділень сполук азоту. Розкидне внесення добрив проводять розкидачами і туковими сі-

Таблиця 21. Вплив нерівномірного внесення добрив на врожайність культур (В. Г. Осипов та ін.)

Ґрунт	Культура	Нерівномірність внесення добрив, %		Урожайність за мінімальної нерівномір- ності внесення добрив, ц/га	Зниження врожай- ності	
		міні- мальна	макси- мальна		ц/га	%
Дерново- підзолистий Чорнозем	Ячмінь	10–15	52–75	24,8	4,8	19
	»	10–33	59–92	31,2	3,3	10
	Озима					
	пшениця	19–30	57–64	18,2	2,5	14
	»	19–25	70–73	44,3	5,9	13
	Цукрові буяки	25	58	461	46	10
Кукурудза на зелену масу						
		15	51–100	362	42,5	13

валками. Продуктивність праці при цьому вища, ніж під час локального внесення.

Нерівномірний розподіл добрив на поверхні поля зумовлює строкатість урожайності, різні строки дозрівання культур, їх вилягання і погіршення якості продукції (табл. 21).

Недобір урожаю внаслідок вилягання озимої пшениці і нерівномірного внесення добрив та через вплив інших факторів може досягти 25–60 %.

## 4.2. Локальний спосіб внесення добрив

Добрива, які вносять локально, розміщуються в ґрунті суцільною стрічкою (екраном), безперервною або пунктирною стрічкою, окремими гніздами. Локальне внесення добрив може бути основним, передпосівним, припосівним і як підживлення. Добрива, як правило, вносять до сівби, одночасно з сівбою або в період вегетації в рядки, ямки, під час безполіцевого обробітку ґрунту.

Локальне внесення порівняно з розкидним дає змогу зменшити поверхню взаємодії добрива з ґрунтом, що сприяє збільшенню засвоювання елементів живлення рослинами. Так, коефіцієнт використання фосфору з суперфосфату при локальному внесенні в 2–3 рази більший, ніж при розкидному. Локалізація калійних добрив і особливо азотних має менше значення, ніж фосфорних.

При основному і передпосівному внесеннях добрив стрічки їх розміщують уперек до майбутнього напрямку розташування рядків культури, яку будуть вирощувати. Локально добрива вносять за допомогою культиваторів-рослинопідживлювачів, комбінованих агрегатів. При внесенні основного удобрення стрічкою глибина заробляння добрив становить, см: на Поліссі і в Лісостепу – 10–12, в Степу – 12–15. Оптимальна глибина заробляння добрива напередодні сівби – 12–15 см. Інтервали між стрічками при внесенні основного добрива під зернові культури суцільної сівби становить 12–17 см. Під просапні культури інтервали збільшують до 20–30 см при ширині стрічки 2–4 см.

При локальному внесенні добрив порівняно з розкидним коренева система рослин розвивається інтенсивніше, змінюється її розташування в ґрунті. Після локального внесення добрив на глибину 10 см габітус кореневої системи формується у вигляді циліндра, після внесення на глибину 20 см – зрізаного конуса. Коренева система розвивається переважно в зоні розміщення азотних добрив, де відбуваються розвиток і розгалуження дрібних волосків і формування вторинної кореневої системи. Однак підвищена концентрація елементів живлення в зоні внесення зумовлює негативний вплив на кореневу систему. Крім

того, при локальному внесенні добрив створюються зони підвищеної концентрації поживних речовин, в яких при збільшенні концентрації ґрунту до вищої за оптимальну може виявитися негативний вплив на життєдіяльність кореневої системи рослин і мікробіологічні процеси в ґрунті.

Оптимальні норми добрив при локальному внесенні на 10–30 % нижчі, ніж при розкидному. Необробнтоване підвищення норм добрив при локальному внесенні часто зумовлює зниження врожайності культур порівняно з розкидним. При внесенні 60–90 кг/га азоту, фосфору та калію і насиченні сівозміни добривами на ґрунтах з високим рівнем родючості ефективність локального внесення добрив нижча, ніж розкидного.

## 4.3. Строки внесення добрив

Розрізняють допосівне внесення добрив (основне), припосівне (рядкове, гніздове) і підживлення (внесення добрив протягом вегетації). В основне внесення дають повну норму органічних добрив і 70–80 % річної норми мінеральних добрив. Рекомендована норма підстилкового гною на Поліссі і в Лісостепу під просапні культури – 30–50 т/га, під озимі – 20–30 т/га, в Степу – відповідно 30–40 і 20–25 т/га, а при зрошенні – до 60 т/га.

У разі використання рідкого гною річна норма під просапні культури і багаторічні злакові трави в перерахунку на вміст азоту має становити 250–300 кг/га азоту, зернові колосові – 100–150, однорічні трави і бобово-злакові травосумішки – до 200 кг/га.

Оплата 1 т гною приростом урожайності у травопільній сівозміні в середньому становить 1 ц зернових одиниць. У богарних умовах окупність 1 т гною приростом урожаю в умовах Полісся дорівнює 0,69, в Лісостепу – 0,44, Степу – 0,21 ц зернових одиниць. У середньому в Україні оплата добрив становить 0,46 ц зернових одиниць. У південному Степу в умовах зрошення окупність гною збільшується вдвічі і досягає 0,52 ц зернових одиниць.

У степовій зоні при безвідвальному обробітку ґрунту післядія органічних добрив зменшується на другий рік, після внесення під оранку триває 3–4 роки (А.Я. Бука, 1986).

Найчутливіші до внесення органічних добрив цукрові буряки. Оплата ними 1 т гною становить 0,52–1,03, картоплею – 0,26–0,82, кукурудзою на зерно – 0,11–0,60 ц зернових одиниць. Найменшу оплату гною одержують від зерна озимої пшениці – 0,15–0,18 ц зернових одиниць.

Як основне добриво мінеральні добрива вносять восени, азотні – з урахуванням умов зволоження, гранулометричного

складу ґрунту і рівня забезпеченості рослин мінеральними сполуками азоту – восени або навесні. Як правило, навесні вносять добрива на ґрунтах легкого гранулометричного складу та на перезволожених або періодично zalивних.

Часто через організаційно-господарські умови добрива доводиться доносити навесні, однак ефективність довнесених добрив в умовах недостатнього зволоження низька.

Дроблення норми основного фосфорно-калійного добрива на основне і для підживлення неефективне, особливо в умовах недостатнього зволоження.

Перенесення добрив з основного в підживлення на період появи сходів або бутонізації картоплі різко знижує продуктивність насінників, що призводить до зниження врожайності на наступний рік.

Внесення гною і компостів призводить до подовження строків виконання ранньовесняних робіт, що зумовлює зниження приросту врожайності та оплати одиниці добрива. Внесення гною на мерзлий ґрунт зумовлює великі втрати поживних речовин під час танення снігу зі стоком води: азоту – 20 %, фосфору – 12, калію – 14 % їх вмісту в добриві (Д. А. Кореньков, 1985).

При основному внесенні насамперед використовують добрива з низьким вмістом елементів живлення, а на ґрунтах з підвищеною кислотністю – важкодоступні негранульовані форми добрив. Недовнесення азоту, фосфору і калію при основному удобренні не поповнюється за рахунок підживлення.

Внесення водного аміаку у великих дозах до початку сівби і для підживлення не забезпечує такого ефекту, який отримують від його одноразового внесення перед сівбою. Встановлено практично рівнозначну ефективність твердих і рідких азотних добрив, РКД при внесенні під кукурудзу, цукрові буряки, зернові та інші культури.

#### 4.4. Припосівне внесення добрив

Технологічна схема припосівного внесення добрив передбачає його внесення разом з насінням. За низького рівня забезпечення рослин поживними речовинами ґрунту у фазу появи сходів необхідність внесення добрив у рядки пояснюється тим, що недостатнє живлення рослин у критичний період, особливо азотом і фосфором, не можна поповнити за рахунок наступних внесень. Тому внесення в рядки 8–20 кг/га поживних речовин поліпшує живлення рослин у фазу появи сходів.

Під час припосівного внесення добрив їх заробляють у рядки або гнізда на 2–3 см глибше і збоку від насіння. Відхилення при рядковому внесенні від встановленої глибини не повинно

Таблиця 22. Вплив рядкового удобрення на приріст урожаю коренеплодів цукрових буряків, ц/га

Ґрунт	N	P	NP	PK	NK	NPK
Чорнозем						
слабковилугуваний	25	28	37	17	41	45
вилугуваний	79	24	103	74	89	114
опідзолений	–	6	17	33	29	28

перевищувати  $\pm 1,5$  см. Для удобрення використовують висококонцентровані водорозчинні тверді та рідкі комплексні добрива (РКД), розчини сечовини й аміачної селітри (КАС).

За даними Географічної мережі дослідів з добривами, внесення  $P_{20}$  в рядки забезпечує приріст 5–6 ц/га зерна озимої пшениці порівняно з 1–2 ц/га при розкидному внесенні добрив. Високоефективним є рядкове удобрення в посівах кукурудзи (Р) та цукрових буряків (табл. 22). Спостерігається висока економічна ефективність після внесення в рядки складних та комплексних добрив. Підвищення родючості ґрунтів і насичення сівоzmіни добривами зумовлює зниження ефективності рядкового добрива.

В умовах недостатнього забезпечення рослин мікроелементами доцільно застосовувати передпосівне збагачення насіння мікроелементами. Ефективність такого способу використання вища, ніж при основному внесенні.

#### 4.5. Підживлення

Як правило, підживлення проводять у період вегетації рослин. Добрива вносять розкидним або стрічковим способом. Основне призначення підживлення – поліпшити живлення рослин у певний період, посилити формування окремих їх органів, сприяти відтоку поживних речовин та підвищити якість продукції. Потребу в підживленні встановлюють за даними ґрунтової і рослинної діагностики. Підживлення за часом їх проведення поділяють на ранні (ранньовесняні) і пізні, а за призначенням – на кореневі й позакореневі. Для підживлення використовують водорозчинні висококонцентровані та комплексні добрива, солі мікроелементів.

Оскільки мікробіологічні процеси у ранньовесняний період у ґрунті пригнічені, то рослини недостатньо забезпечені мінеральними сполуками азоту. Тому під час вирощування озимої пшениці застосовують ранньовесняне підживлення, яке посилює живлення рослин азотом.

Одним із способів підвищення ефективності добрив, які застосовують для підживлення, є наближення строків їх внесення



Таблиця 23. Вплив добрив і пестицидів на врожайність озимої пшениці, ц/га

Варіант досліду	Урожайність, ц/га	Приріст урожаю, ц/га	Вміст білка, %
N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub> –фон	48,1	–	10,2
Фон+пестициди	55,5	7,4	10,7
Фон+N <sub>30</sub> (II етап)+(IV етап)	55,3	7,2	11,3
Фон+N <sub>30</sub> (II етап)+(IV етап)+ +пестициди	63,9	15,8	11,7
Фон+N <sub>30</sub> (II етап)+N <sub>30</sub> (IV етап)+ +N <sub>30</sub> (VIII етап)	56,2	8,1	12,4
Фон+N <sub>30</sub> (II етап)+N <sub>30</sub> (IV етап)+ +N <sub>30</sub> (VIII етап)+пестициди	65,4	17,3	12,7

ня до періоду інтенсивного поглинання рослинами поживних речовин. Так, при внесенні N<sub>90</sub> рано навесні по снігу (5–7 см) врожайність озимої пшениці становила 35 ц/га, при внесенні N<sub>90</sub> після танення снігу і стоку надлишку вологи – 43,9 ц/га порівняно з 31,8 ц/га без внесення азоту.

Підживлення озимої пшениці азотними добривами проводять з метою посилення стеблоутворення і збільшення розміру колоса (II етап органогенезу), посилення росту генеративних органів, збільшення щільності стеблостою і продуктивності колосся (IV етап органогенезу), підвищення якості зерна (VIII етап органогенезу).

Проведення пізніх підживлень на фоні достатньої кількості основного удобрення дає змогу в період найбільшого поглинання поживних речовин посилити формування окремих органів і обмін речовин, що сприяє високій продуктивності рослин, поліпшити якість продукції (табл. 23).

Кореневі підживлення у період догляду за культурами міжрядного обробітку проводять розкидачами добрив, дисковими сівалками, культиваторами-рослинопідживлювачами.

Некореневі підживлення роблять у період інтенсивної вегетації рослин переважно з метою підвищення якості продукції. Для підвищення вмісту білка в зерні озимої пшениці та кукурудзи їх посіви обприскують розчинами сечовини. Часто обприскування озимої пшениці сечовиною поєднують із застосуванням засобів захисту рослин (див. табл. 23).

Застосування пестицидів на основі прогнозних досліджень розвитку хвороб і шкідників та врахування агрохімічних показників дає змогу підвищити продуктивність сільськогосподарських культур.

#### 4.6. Запасне (періодичне) внесення добрив

Добрива про запас вносять одноразово. При запасному внесенні за один раз вносять таку кількість добрив, яку треба внести згідно з розробленою системою застосування добрив протягом кількох років під 2–4 культури щороку. Причому фосфорно-калійні добрива вносять тільки один раз, азотні – щороку.

Запасне внесення фосфорно-калійних добрив створює у перший рік надмірне живлення фосфором і калієм. Тому за такого способу використання добрив зростає роль діагностики живлення рослин.

За даними багаторічних досліджень, ефективність запасного внесення мінеральних добрив і щорічного внесення їх практично однакова. Проте запасне внесення має організаційно-господарські переваги перед щорічними: знижуються витрати на зберігання добрив, підвищується продуктивність праці, вдосконалюється технологія виконання сільськогосподарських робіт.

#### 4.7. Застосування добрив з поливною водою

Під час застосування добрив з поливною водою передбачається їх внесення як на поверхню ґрунту, так і вглибину. Нині широко впроваджується крапельне зрошення.

Застосування добрив одночасно з поливом дощувальними машинами дає змогу керувати ростом і розвитком рослин, формувати врожай певної якості. Особливо це важливо для рослин, які вирощують на ґрунтах легкого гранулометричного складу і характеризуються довгим періодом поглинання елементів живлення.

Добрива з поливною водою вносять до сівби і під час вегетації рослин. До сівби культур добрива вносять під час вологозарядкових, зволожувальних і освіжаючих поливів. Поживні речовини добрив попадають на поверхню ґрунту і листя. Тому слід знати допустиму концентрацію мінеральних речовин у воді, їх дію на водопроникність і розподіл поживних речовин по профілю ґрунту, втрати добрив у процесі дощування, корозійну дію розчину на конструкції дощувальної системи.

Під час дробного внесення мінерального добрива з поливною водою з урахуванням даних ґрунтової і листової діагностики значною мірою досягається їх дія на формування врожаю високої якості. При дробному внесенні насамперед вносять азотні добрива. Дозу добрива розраховують за формулою

$$D = N \frac{C_{\text{опт}}}{C_{\text{факт}}},$$

де N – рекомендована доза добрив, кг/га; C<sub>опт</sub> – оптимальний вміст елемента живлення в рослині, %; C<sub>факт</sub> – фактичний вміст елемента живлення в рослині, %.

Строки проведення підживлення встановлюють залежно від біологічних особливостей і стану культури, а також у періоди найбільшого засвоєння елементів живлення. Тому під час складання графіків поливу передбачають поєднання поливу з внесенням добрив, визначають дози, види і форми добрив, концентрацію розчину, потребу в добривах.

Визначальним фактором в умовах зрошення є не тільки хімічний склад рослин, а й кількість води, необхідна для підтримання водно-повітряного і сольового режимів ґрунту. Для дощування витрачається 200–700 м<sup>3</sup> води. Із добрив використовують сечовину, аміачну селітру, хлорид калію, амофос, КАС, РКД, солі мікроелементів. Концентрація добрива залежить від його складу, виду рослин, фази їх росту і розвитку, погодних умов. Гранично допустимою концентрацією добрив у воді є, %: для азотних – 0,5; фосфорних – 2, калійних – 3; складних – 0,5.

Максимальна ефективність від сумісного застосування зрошення і добрив досягається на фоні застосування хімічної меліорації. Для усунення негативного впливу аміачної селітри та амофосу на водопроникність ґрунту їх треба вносити по полю наприкінці поливу. Розчини сечовини і хлориду калію вносять частинами або з усією нормою поливної води. Нітратну або аміачну форму азотних добрив вносять наприкінці поливу, щоб вони розмішувалися в шарі ґрунту 0–40 см. Введення розчину амофосу в дощувальну машину на початку поливу зумовлює проникнення фосфатів на глибину не більш як 25 см, а наприкінці поливу – 40 см.

Технологія внесення добрив з поливною водою зводиться до їх дозування під час внесення у воду, яка використовується для зрошення. Використання рідких добрив (КАС, РКД) і насосів для дозування дає змогу повністю механізувати процес їх внесення і знизити затрати праці до мінімуму. Рівномірний розподіл поживних речовин по полю і по профілю ґрунту досягається приготуванням маточних розчинів у гідропідживлювачах або розчинних вузлах. Маточні розчини вводять у поливний потік, в напірні трубопроводи зрошувальних систем або безпосередньо в дощувальну машину. Під час внесення добрив з поливною водою повністю механізується процес їх внесення та зменшується кількість проходів важких машин по полю, завдяки чому ґрунт менш ущільнюється.

Дробне внесення добрив з поливною водою дає змогу підвищити коефіцієнт використання елементів живлення на 20–30 % порівняно з внесенням сухих добрив у ґрунт під основний його обробіток. При цьому врожайність зернових культур збільшується на 3–4 ц/га, сіна багаторічних трав – на 9–10, зеленої маси кормових культур – на 23–24 ц/га, а продуктивність праці зростає в 1,5–2 рази.

З поливною водою вносять не тільки мінеральні добрива, а й пестициди та хімічні меліоранти. Внесення меліорантів ефективне під час зрошення мінералізованими водами з несприятливим співвідношенням одно- і двовалентних катіонів. Внесення меліорантів з поливом (дощуванням) поліпшує якість поливної води за рахунок збільшення в ній вмісту кальцію та зменшення натрію і магнію.

Дощування поліпшеною водою запобігає осолонцюванню ґрунту й утворенню ґрунтової кірки, сприяє зменшенню витрат меліорантів. За допомогою дощувальних машин вносять гіпс, фосфогіпс, хлорид кальцію, залізний купорос, сірчану кислоту. Так, внесення сульфату заліза з поливною водою на фоні застосування мінеральних добрив на солонцях і солонцюватих ґрунтах збільшує врожай насіння люцерни на 60 %, а зеленої маси – на 36 % порівняно з немеліорованими ділянками.

У Степу України стічні води тваринницьких комплексів використовують для зволожувально-удобрювальних поливів. Норму таких вод розраховують залежно від потреби рослин у воді. Стічні води з мінералізацією понад 1,5 г/л і вмістом загального азоту 120 мг/л розбавляють прісною водою у співвідношенні 1:1 до 1:10. Співвідношення натрію і кальцію у поливній воді (в мг-екв) не повинно перевищувати 1, а натрію до загальної суми кальцію і магнію – 0,7. Гранично допустима концентрація різних речовин у стічній воді така, мг/л: хлоридів – 350, сульфатів – 500, калію – 120–150, амонійного азоту – 120–130. Вологозарядкові, зрошувальні поливи у вегетаційний період стічними водами (якщо вміст у них азоту до 120 мг/л) проводять за встановленими нормами для прісної води.

У Лісостепу зрошувальні норми води для зрошувально-удобрювальних поливів визначають з урахуванням розбавлення і потреби в азоті. Норму удобрювальних поливів визначають, враховуючи вміст поживних речовин. Негативний вплив несприятливого співвідношення натрію і кальцію у воді та можливого осолонцювання ґрунту усувається після внесення 2–3 т/га гіпсу один раз за 3–5 років.

Застосування стічних вод тваринницьких комплексів підвищує родючість ґрунту і продуктивність сільськогосподарських культур (табл. 24).

Для зрошення сільськогосподарських культур рекомендується також застосовувати стічні води міст і заводів, якщо їх склад відповідає таким вимогам: рН=6,5...8; концентрація розчинних речовин – 1–3 г/л; співвідношення натрію і кальцію – 1 : 1; 2 : 1; 1 : 2; вміст хлоридів і гідрокарбонатів – 300–400 мг/л; соди – не більш як 50–75 мг/л; органічних речовин (фенолу, формальдегіду тощо) – 50–100 мг/л; суспендованого осаду – не більш як 600–1000 мг/л; коли титр – у межах санітарних норм. Величина

Таблиця 24. Вплив зрошення стічними водами свиннідгодівельного комплексу на врожайність і якість зеленої маси кукурудзи

Варіант досліду	Урожайність, ц/га	Приріст урожаю, ц/га	Збір, ц/га	
			сухої речовини	сирого білка
Контроль	360	-	98	5,1
Зрошення +N <sub>60</sub>	785	425	174	12,8
Зрошення +20 т/га твердої фракції	791	431	186	11,6
Зрошення +40 т/га твердої фракції	870	510	211	14,8
Зрошення +60 т/га твердої фракції	847	478	199	13,9
Вологозарядковий полив 1000 м <sup>3</sup> /га	382	22	103	5,8
Вологозарядковий полив 2000 м <sup>3</sup> /га	404	44	108	6,1
Вологозарядковий полив 1000 м <sup>3</sup> /га + зрошення	750	390	185	12,8
Вологозарядковий полив 2000 м <sup>3</sup> /га + зрошення	782	422	194	13,3

БПК<sub>50</sub> в зрошувальній воді може досягати 2000 мг/л і більше. Якщо вміст у стічних водах речовин перевищує гранично допустимі норми, їх розбавляють прісною водою, гіпсують або нейтралізують.

Гранично допустимі норми для одноразового внесення в ґрунт з осадом стічних вод такі, кг/га: цинку – 9, міді – 2, мангану – 13, свинцю – 0,5, нікелю – 1, хрому – 5.

Д. М. Прянишников установив, що завдяки правильному застосуванню у сівозміні органічних і мінеральних добрив, які взаємно доповнюють одне одного, можна швидко підвищити, подвоїти і навіть потроїти врожаї. У сівозмінах можливі такі способи поєднання основного внесення органічних і мінеральних добрив: органічні (гній, компости, зелене добриво) і мінеральні добрива вносять під одну культуру; органічні добрива вносять під попередник, а мінеральні – під культуру, яку удобрюють; культури використовують післядню поєднаного використання гною і мінеральних добрив.

І. П. Мамченко і В. О. Васильєв на основі узагальнення даних 169 дослідів з 19 культурами підтвердили переваги поєднання внесення гною та мінеральних добрив порівняно з їх роздільним внесенням на основних типах ґрунтів. Ефективне також поєднане застосування гною і мінеральних добрив порівняно з роздільним на легких за гранулометричним складом малогумусних ґрунтах. На високоокультурених вапнованих ґрунтах поєднане внесення органічних і мінеральних добрив завжди ефективне.

Д. М. Прянишников вважав, що поєднане застосування органічних і мінеральних добрив дає змогу забезпечувати рослини засвоєними поживними речовинами на перших фазах їх росту і розвитку та створити за рахунок гною резерв поживних речовин, які поступово будуть переходити у більш доступну форму. Гумінові речовини гною стримують зміщення реакції ґрунту, виявляють стабілізуючу дію на суспензії, протидіють утворенню важкорозчинних фосфатів, що слід враховувати під час внесення високих норм мінеральних добрив.

У 50-річних дослідях, проведених на Верхняцькій дослідно-селекційній станції Інституту цукрових буряків (Черкаська обл.), на чорноземах опідзолених під культурами зернобурякової сівозміни кількість потенційно доступного азоту (нітрифікаційна здатність) в орному шарі збільшилась під час III ротації на 4 %, IV – на 14, V – на 32 %. У підорному шарі запас азоту під час V ротації порівняно з періодом освоєння сівозміни збільшився на 69 %. Наприкінці 50-річного періоду кількість потенційно доступного азоту при застосуванні тільки мінеральних добрив збільшилась на 49 %, а при застосуванні і мінеральних – на 77 %.

Найчутливіші до поєднаного внесення гною і мінеральних добрив цукрові буряки, кукурудза, картопля, озима пшениця (табл. 25).

Господарства, розміщені в гірських районах, не завжди мають можливість поєднувати внесення гною і мінеральних добрив. Однак на додатковий приріст продукції від поєднаного застосування добрив у прямій дії і післядні господарства не роблять затрат і вся додаткова продукція є чистим прибутком.

Наукові установи України рекомендують щорічно вносити в сівозмінах Полісся 12–14 т/га підстилкового гною, в Лісостепу – 10–12, в Степу – 8–10 т/га.

Добрим фоном для підвищення ефективності органічних і мінеральних добрив є вапнування і гіпсування ґрунтів. Поєднане застосування вапнування, органічних і мінеральних добрив сприяє не тільки підвищенню врожайності культур, родючості ґрунтів, а й більшій оплаті фосфору і калію, добрив, засобів захисту рослин.

Поєднанням способів і строків внесення добрив з агротехнічними заходами з урахуванням трансформації поживних речо-

Таблиця 25. Вплив гною і мінеральних добрив на врожайність сільськогосподарських культур, ц/га

Культура	Без добрив	Гній	NPK	Гній+NPK
Озима пшениця	43,9	58,4	64,6	67,2
Кукурудза на зерно	34,0	43,5	49,2	60,5
Цукрові буряки	291,0	364,0	443,0	581,0

вин у ґрунті і динаміки їх поглинання досягається підвищення оплати одиниці добрива і зниження затрат праці.

Комплексне застосування засобів хімізації передбачає: доведення рН ґрунтового розчину до оптимального рівня внаслідок проведення хімічної меліорації; забезпечення рослин достатньою кількістю поживних речовин ґрунту; посилення живлення рослин у критичні періоди їх росту і розвитку з урахуванням агрохімічних та інших властивостей ґрунту, біологічних особливостей культур, величини врожаю і його якості; знищення бур'янів; зниження до мінімуму негативного впливу хвороб і шкідників за рахунок застосування засобів захисту рослин; позитивне вирішення екологічних проблем і збереження навколишнього природного середовища.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Назвіть способи застосування добрив.
2. Дайте характеристику застосування добрив з поливною водою.
3. Дайте агрохімічну характеристику технологій застосування добрив.
4. Які умови ефективного внесення добрив у рядки і для підживлення?
5. Які ви знаєте способи внесення добрив за сучасних технологій вирощування сільськогосподарських рослин?

## ОСНОВНІ УМОВИ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ

Ефективність добрив залежить переважно від кліматичних і ґрунтових умов природних зон та провінцій. У межах регіонів і типів ґрунтів значний вплив на врожай має їх окультурення, яке нівелює генетичні особливості ґрунтів.

Інтенсифікація сільського господарства неможлива без поступового підвищення родючості ґрунтів для формування ґрунтів з певними параметрами високої родючості. До показників рівня родючості належать агрохімічні (вміст гумусу, рН водної або сольової суспензії, обмінний кальцій і магній, наявність натрію, гідролітична кислотність, сума поглинутих основ, сухий залишок, форми азоту, фосфору і калію, рухомі сполуки мікроелементів) і фізичні (структурний стан, щільність складення, водо- і теплозабезпеченість, біологічна активність) властивості ґрунтів та їх режим.

### 5.1. Кліматичні умови

Поліська зона займає 16,7 % території України. Основними ґрунтами на Поліссі є дерново-підзолисті (67 % площі зони), сірі лісові (22 %), дернові і лучні оглеєні (11 %). Лісостепова зона займає 33,3 % території України. У ній є чорноземи глибокі (55,5 % площі зони) і чорноземи опідзолені (39 %), однак на 20,7 % площ відбуваються процеси ерозії. Степова зона займає 50 % території України. У цій зоні чорноземи звичайні, глибокі та середньогумусні займають 25,4 %, чорноземи південні – 21,3, темно-каштанові та каштанові ґрунти – 7,9 % орних земель; 32 % всієї площі припадає на еродовані ґрунти.

Зона нестійкого і недостатнього зволоження займає 50 % території України, надмірного зволоження – 19 і лише 31 % земель мають найсприятливіші ґрунтово-кліматичні умови. На Поліссі випадає 510–610, у Лісостепу – 455–600, в північному Степу – 405–525, в південному Степу – 315–500 мм опадів. Гідротермічний коефіцієнт на Поліссі дорівнює 1,2–1,5, в Лісостепу – 0,6–1, в південному Степу – 0,5–0,6.

За даними Драбівської дослідної станції Інституту землеробства, врожайність залежить від погодних умов на 46 %, від добрив – на 37,3, від правильної сівозміни – на 8,7 і від обробітку ґрунту – на 1,5 %.

За недостатньої кількості вологи треба більш глибоко вносити органічні та мінеральні добрива, застосовувати добрива у помірних нормах, які не викликають підвищення осмотичного тиску розчину ґрунту. Доцільно застосовувати концентровані водорозчинні мінеральні й органічні добрива. В умовах достатнього зволоження ефективні підживлення, рядкове і дробне внесення добрив. У посушливих умовах проводити підживлення неефективно.

Основними факторами, які лімітують підвищення врожайності культур, є недостатнє зволоження і посуха.

Недостатнє забезпечення рослин основними поживними речовинами збільшує негативну дію погодних умов на врожай і його якість. За даними Інституту цукрових буряків, в умовах сильної засухи прирости коренеплодів цукрових буряків при внесенні повного мінерального добрива знижуються більш як удвічі в районах недостатнього зволоження, приблизно на третину – в умовах нестійкого і ще менше – в районах достатнього зволоження. У роки з підвищеною кількістю опадів повне мінеральне добриво сприяє більшому приросту коренеплодів і накопиченню цукрів, ніж у звичайні роки. Накопичення цукрів у посушливі роки в зоні достатнього зволоження знижується на 20 %, в зоні нестійкого зволоження – на 40–50, в районах недостатнього зволоження – більш як на 70 % (Ю. А. Тонкаль, 1973).

Недобір урожаю озимої пшениці на чорноземах звичайних у несприятливі за погодними умовами роки за низького вмісту фосфору в ґрунті становив 14 ц/га (Б. С. Носко, 1986).

В умовах надмірного зволоження на ґрунтах легкого гранулометричного складу добрива, особливо азотні, вносять навесні, а на ґрунтах важкого гранулометричного складу – під переорювання зябу та під культивуацію. Ефективні дробне внесення добрив і підживлення.

Запізнення з виконанням агротехнічних прийомів обробітку ґрунту, необґрунтоване його розпушування призводять до пересихання орного шару, що зумовлює зниження ефективності внесених добрив. У посушливий період за підвищених температур рухомість доступних поживних речовин зменшується, тому що збільшується осмотичний тиск розчину ґрунту.

Використання добрив та ретардантів дає змогу керувати адаптивним загартуванням і морозостійкістю озимих культур, зменшувати залежність величини врожаю від погодних умов. Витрати поживних речовин на формування врожаю зернових

культур підвищуються з півночі на південь у міру посилення посушливості клімату. Проте вміст азоту і калію в зерні та азоту, фосфору і калію в соломі під час застосування добрив змінюється менше, ніж величина врожаю. Затрати головних поживних речовин на формування одиниці врожаю зерна залежать переважно від ґрунтово-кліматичних умов, а не від застосування добрив.

На нормальну життєдіяльність рослин впливає не тільки достатня кількість води, поживних речовин, якість повітря, а й сукупність інших факторів. Наприклад, до зниження продуктивності рослин призводить ущільнення ґрунту. Так, ущільнення ґрунту під посівами гороху до  $1,2 \text{ г/см}^3$  знижує, а ущільнення до  $1,4 \text{ г/см}^3$  порівняно з оптимальним ( $1,1 \text{ г/см}^3$ ) різко знижує його врожай, оскільки коренева система розвинута погано. Крім того, коренева система рослин не розвивається в холодних ґрунтах. Озимі й багаторічні трави на торф'яних ґрунтах навесні, коли в них міститься достатня кількість вологи, її не поглинають унаслідок поганої теплопровідності торфу.

Регулювання водно-повітряного режиму під час зрощення сприяє підвищенню ефективності добрив. У дослідженнях Миколаївської дослідної станції Інституту кормів на темно-каштанових слабкосолонцюватих важкосуглинкових ґрунтах урожай цукрових буряків після внесення  $15 \text{ т/га}$  гною разом з  $\text{N}_{50}\text{P}_{50}\text{K}_{50}$  при вологості 60 % найменшої вологості досяг  $398 \text{ ц/га}$ , а після внесення такої самої кількості добрив і при вологості 70 % –  $502 \text{ ц/га}$  порівняно з  $261 \text{ ц/га}$  без зрощення. Вихід цукру при цьому становив відповідно  $72,5$ ,  $92,6$  і  $39,6 \text{ ц/га}$ , тобто в умовах зрощення оплата добрив приростом урожаю найбільша.

## 5.2. Ґрунтові умови

Основні продовольчі райони України характеризуються високородючими ґрунтами. Ґрунти зі значним вмістом органічної речовини мають добрі буферні властивості та високу поглинальну здатність. Висока буферна здатність ґрунту протидіє зміщенню реакції ґрунтового розчину під час застосування кислих добрив, а висока поглинальна здатність – вимиванню азоту та інших поживних речовин добрив. Тому орні землі треба більше насичувати органічними добривами з метою збереження і нагромадження в їх орному шарі гумусу.

За тривалого вирощування культур у сівозміні без застосування добрив живлення рослин азотом здійснюється за рахунок мінералізації гумусу, втрати якого щороку становлять  $0,9$ – $1,5 \text{ т/га}$ . Добрива, особливо органічні, затримують мінералізацію гумусу. Висока культура землеробства сприяє нагрома-

дження гумусу в ґрунті. Так, з 1 т гною або компосту утворюється 35–50 кг гумусу. Тому систематичне застосування високих норм органічних і мінеральних добрив збільшує накопичення гумусу в ґрунті (табл. 26). Сумісне застосування гною (13 т/га) і мінеральних добрив (375 кг/га N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) збільшує нагромадження гумусу як в орному, так і в підорному шарах ґрунту.

Під час внесення 10–12 т/га органічних добрив на дерново-підзолистих суглинкових ґрунтах і до 14–16 т/га на ґрунтах легкого гранулометричного складу вміст гумусу збільшується на 0,03–0,04 % за рік. Кількість післязливних решток, які надходять у ґрунт для відновлення запасу гумусу, дорівнює 1,5–4 т/га сухої речовини, їх частка у збільшенні запасу гумусу становить 30–35 % (Т. Н. Кулаковська, 1985).

Для підтримання бездефіцитного балансу гумусу слід щороку вносити на 1 га орних земель на дерново-підзолистих ґрунтах 12–16 т, на чорноземах 9–13 т органічних добрив.

На рекультивованих землях застосування органічних і мінеральних добрив посилює нагромадження гумусових сполук у значно більших кількостях, ніж на давно використовуваних землях. Унаслідок застосування добрив синтезуються якісно нові органічні сполуки (гумінові й фульвокислоти), які сприяють збільшенню вбирної й обмінної здатності ґрунтів, підви-

щують біологічну активність як дерново-підзолистих, так і чорноземних ґрунтів.

Вміст гумінових кислот у ґрунті змінюється залежно від виду вирощуваних культур, попередників, агротехніки та системи застосування добрив. Так, вирощування просапних культур у сівозміні сприяє меншому нагромадженню гумусових речовин порівняно із зерновими і особливо бобовими. Добрива посилюють вплив сільськогосподарських культур, переважно бобових, на утворення рухомих гумінових сполук. Вапнування, система застосування органічних і мінеральних добрив зумовлюють утворення якісно нових гумінових кислот і їх комплексів. Сумісне застосування органічних і мінеральних добрив сприяє утворенню більшої кількості вільних радикалів у рухомих гумінових кислотах, унаслідок чого інтенсивніше відбуваються біохімічні, фізіолого-біохімічні та інші процеси.

Підвищення вмісту гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах з 1 % до 2,2 % збільшує окупність мінеральних добрив урожаєм зернових у 3 рази, а білка – в 2,5 рази (Т. Н. Кулаковська, Л. М. Костюкевич, 1984).

Органічні добрива позитивно впливають на закріплення в ґрунті у малорухомих і недоступних для рослин формах стронцію та інших радіоактивних елементів, деяких важких металів, пестицидів, поліпшують його фітосанітарний стан.

Реакція ґрунтового розчину (рН) значною мірою визначає умови росту і розвитку рослин та ефективність застосування добрив. На ґрунтах з кислою реакцією як основне удобрення вносять фосфоритне борошно, фосфатшлак, преципітат, карбонатну нітрофоску, а в рядкове і для підживлення – водорозчинні добрива. У разі застосування водного і безводного аміаку, аміачної селітри та амонійних добрив треба частіше проводити вапнування ґрунту. На ґрунтах з лужною реакцією слід насамперед використовувати хімічно і біологічно кислі добрива.

Для збільшення врожаю сільськогосподарських культур азот є лімітуючим елементом. Збільшення запасу азоту в ґрунті, особливо мінерального, є вирішальним фактором підвищення родючості ґрунтів. Азот добрив поглинається рослинами та знає складних перетворень за допомогою мікроорганізмів. Рослини засвоюють 40–60 % азоту добрив, причому 20–30 % внесеного азоту закріплюється ґрунтом в органічній формі. Інтенсивне закріплення азоту спостерігається на багатих на гумус ґрунтах, а також за сумісного внесення гною і повного мінерального добрива. Однак за рахунок денітрифікації втрачають його досягають 50–70 %.

Найінтенсивніше процеси перетворення азоту добрив здійснюються в перші 10–30 діб після їх внесення. Методом мічених атомів встановлено, що азот мінеральних добрив уже че-

Таблиця 26. Вплив добрив на вміст гумусу в лужно-чорноземному карбонатному ґрунті (А. П. Лісовал, Н. П. Сорокотяга)

Варіанти дослідів	Шар ґрунту, см	Вміст гумусу, %		
		1984 р.	1994 р.	1999 р.
Контроль	0–25	4,79	4,70	4,60
	25–50	3,83	4,09	4,19
Гній	0–25	4,81	4,75	4,65
	25–50	3,93	4,20	4,36
	50–75	2,90	2,90	2,91
	75–100	1,64	1,58	1,59
Гній+НРК	0–25	4,86	4,87	4,87
	25–50	4,09	4,37	4,52
	50–75	3,07	3,07	3,10
	75–100	1,75	1,75	1,72
Гній+1,5 НРК	0–25	4,98	4,93	4,96
	25–50	4,14	4,42	4,56
	50–75	3,23	3,17	3,20
	75–100	1,81	1,75	1,78
НРК	0–25	4,86	4,84	4,75
	25–50	3,94	4,30	4,44
	50–75	3,07	3,12	3,10
	75–100	1,69	1,69	1,66

рез 2–3 тижні можна виявити в органічних сполуках ґрунту. Одночасно відбувається мінімальна його іммобілізація, після чого починається мінералізація поглинутого азоту і незначне зменшення його вмісту. Потім кількість іммобілізованого азоту в ґрунті стабілізується (П. М. Смирнов та ін., 1982).

Найбільші газоподібні втрати азоту добрив спостерігаються у перші 10–30 діб після їх внесення і досягають 26–66 % загальних втрат азоту з ґрунту. Газоподібні втрати азоту в дослідях А. Я. Гетманця, Ю. К. Кудзіна (1979) на чорноземах звичайних становили 1–2 кг/га за рік у вигляді  $\text{NH}_3$  і  $\text{NO}_2$ .

І. Г. Захарченко та іншими вченими встановлено, що вимивання азоту з дерново-підзолистих ґрунтів Полісся досягає 2,1–25,6 кг/га за рік. На чорноземах Лісостепу цей процес відбувається не так інтенсивно і практичного значення в балансі азоту не має.

Для зменшення газоподібних та інших втрат азоту з ґрунту застосовують інгібітори нітрифікації. Значні прирости врожаю при застосуванні азотних добрив та інгібіторів нітрифікації пояснюються сповільненням процесу перетворення азоту добрива на нітратну форму та більш інтенсивним надходженням азоту добрива в рослину (табл. 27).

Внесення органічних і мінеральних добрив та вапнування сприяють збільшенню в ґрунті рухомих сполук азоту, особливо у вигляді іонів  $\text{NO}_3^-$  і  $\text{NH}_4^+$ , від кількості яких значно залежать величина врожаю та його якості. Існує висока кореляційна залежність між вмістом азоту амонію, азоту нітратів, вмістом азоту в листках і урожаєм та його якістю. Розроблені і широко використовуються методи діагностики живлення рослин азотом і встановлення норм застосування азотних добрив, які ґрунтуються на врахуванні суми азоту амонію та азоту нітратів (так званий мінеральний азот), в певних шарах ґрунту (0–20, 0–40, 0–100 см) і в рослинах. Так, для вирощування врожаю озимої пшениці 50–60 ц/га треба, щоб у шарі ґрунту 0–40 або 0–60 см містилося 150–180 кг/га мінерального азоту. Крім

Таблиця 27. Ефективність інгібіторів нітрифікації

Варіант дослідів	Урожайність озимої пшениці, ц/га	Приріст урожаю, ц/га
Контроль	40,1	—
$\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ –фон	43,2	3,1
Фон + $\text{N}_{90}$	45,4	5,3
Фон + $\text{N}_{90}$	48,1	8,0
Фон + $\text{N}_{90}$	47,7	7,6
Фон + $\text{N}_{90}$	47,5	7,4
Фон + $\text{N}_{90}$	47,0	6,9

того, внесення азотних добрив підвищує використання рослинами азоту ґрунту.

Частка участі азоту в прирості врожаю озимої пшениці від повного внесення добрив, за даними ЦІНАО, становить 28–63 %. Ефективність добрив знижується зі збільшенням забезпеченості рослин мікроелементами і зростає при зменшенні кислотності ґрунту. Застосування інгібіторів нітрифікації та наближення строків внесення добрив до періодів максимального засвоєння азоту рослинами сприяє підвищенню його використання і зменшує непродуктивні втрати.

Застосування добрив у сівозмінах збільшує нагромадження кореневих і поживних решток. У дослідях НАУ на лучно-чорноземних карбонатних ґрунтах добрива впливали на збільшення азоту в кореневих рештках, на збільшення біологічно зв'язаного азоту, який слід враховувати під час визначення балансу (табл. 28).

Нагромадження фосфору в ґрунтах залежить від його надходження з добрив і виносу врожайми. Збільшення вмісту органічних і мінеральних сполук фосфору в ґрунті зумовлюється типом ґрунту, кількістю і формою внесених фосфорних і органічних добрив та вирощуваною культурою у сівозміні.

У дослідях Ротамстедської дослідної станції (Англія) за 100 років внесення  $\text{P}_{75}$  або високих норм гною вміст фосфору збільшився переважно в орному шарі ґрунту. Швидкість пересування фосфору по його профілю становила не більш як 0,2–0,1 мм за рік. Застосування фосфорних добрив не тільки збільшує нагромадження доступних сполук фосфору для рослин, а й змінює процеси трансформації фосфатів. Поглинання фосфору ґрунтом відбувається внаслідок складних процесів, серед яких поряд з хімічним поглинанням значне місце займає фізико-хімічна ад-

Таблиця 28. Вплив добрив на нагромадження кореневих та поживних решток і біологічну фіксацію азоту конюшинню

Варіант дослідів	Рештки, ц/га		Вміст азоту, кг/га			Кількість азоту	
	поживні	кореневі	в корневих рештках	в поживних рештках	в надземній масі, кг/га	в біологічній масі	біологічно зв'язаного, кг/га
Контроль	15,8	54,7	68,1	14,7	63,8	146,7	109,8
Гній	19,8	70,9	92,4	22,6	146,2	207,1	155,1
Гній+NPK	28,8	86,5	101,1	28,8	122,7	252,6	189,6
Гній+1,5 NPK	26,2	80,4	95,9	28,3	85,1	209,3	156,7
NPK	24,9	77,3	92,2	22,0	97,0	211,3	158,9

сорбція фосфатів за участю органічних і мінеральних колоїдів. Інтенсивність і спрямованість цих процесів для конкретного ґрунту специфічна і багато в чому залежить від кількості в ньому органічної речовини, її якості, складу і співвідношення іонів.

Встановлено два етапи поглинання сполук фосфорних добрив ґрунтом: швидкий на початку і повільний за тривалої взаємодії, що пов'язано з різними механізмами сорбції. Інтенсивне поглинання фосфору з подвійного суперфосфату дерново-підзолистими ґрунтами відбувається у перші 6 міс. (А. Ю. Кудярова, А. І. Трубін, 1977). Осаджені фосфорні сполуки, здебільшого аморфні фосфати, більш розчинні протягом тривалого часу порівняно з аналогічними сполуками ґрунту.

Природа новоутворених сполук фосфору в ґрунті залежить від його генетичних властивостей, кількості рухомих сполук фосфору, норм і способів застосування добрив та засобів хімізації. У некарбонатних ґрунтах певна роль у перетворенні фосфору добрив належить півтораоксидам, оскільки вміст фосфору в ґрунті значно впливає на врожай сільськогосподарських культур (табл. 29).

Для польових культур вміст 100–150 мг  $P_2O_5$  в кілограмі дерново-підзолистого ґрунту вважається оптимальним. У нечорноземній зоні такої кількості рухомих фосфатів, яку визначають методом Кірсанова або Чирікова, достатньо для вирощування врожаю зернових більш як 25–30 ц/га, картоплі – 250, волокна льону – 10 ц/га. У некарбонатних чорноземах оптимальний вміст рухомих фосфатів, який визначають методом Чирікова, становить 100–150 мг/кг, в карбонатних чорноземах – 30–35 мг/кг (методом Мачигіна).

Використання високих норм фосфорних добрив зумовлює нагромадження залишкових фосфатів, які зберігають рухомість

Таблиця 29. Урожайність озимої пшениці залежить від вмісту фосфатів у ґрунті і внесення фосфорних добрив (Б. С. Носко, Г. Я. Чесняк, 1984)

Ґрунт	Вміст $P_2O_5$ в ґрунті, мг/кг	Контроль	$N_{20-40}$ $K_{40}$ -фон	Приріст урожаю від дози $P_2O_5$ , кг/га		
				40	60	80
Чорнозем опідзолений	<50	17,8	22,0	2,3	6,9	9,2
	50–100	22,1	26,7	1,5	1,4	2,8
	100–150	30,0	33,4	1,7	1,1	3,0
типовий	<50	24,0	27,1	3,9	4,2	6,7
	50–100	31,3	33,8	2,8	2,5	3,7
	>100	35,0	39,4	2,0	3,1	3,0
звичайний	<50	26,4	27,8	1,5	10,6	–
	50–100	25,0	27,2	1,5	3,7	–
південний	<50	14,7	15,2	0,2	1,4	–
	50–100	23,4	25,3	0	0,4	–

і поглинаються рослинами тривалий час, особливо на чорноземах. Залишкові фосфати сприяють збільшенню врожайності культур сівозміни, зменшують їх залежність від несприятливих погодно-кліматичних умов. Використання культурами фосфатів залежить значною мірою від застосування органічних і азотних добрив.

Винос фосфору рослинами здебільшого пов'язаний з вмістом фосфору в ґрунті, а не з урожаєм. Отримання приросту врожаю пов'язане також з додатковим поглинанням фосфору рослинами і збільшенням його виносу на одиницю продукції.

Б. С. Носко (1982) встановив, що поєднання підвищення сумарної продуктивності і виносу поживних речовин відбувається тільки до оптимального рівня вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті. Для чорноземів типових, опідзолених і чорноземів звичайних цей рівень відповідає 120–130 мг  $P_2O_5$ /кг ґрунту. На ґрунтах з більшим вмістом фосфатів добрива використовуються непродуктивно (див. табл. 29), а коефіцієнт засвоєння фосфору добрив у разі збільшення фосфатів у ґрунті зменшується.

Підвищення забезпеченості рослин фосфором сприяє посиленій дії азоту добрив на якість зерна озимої пшениці за рахунок збільшення вмісту білка, метіоніну і лейцину, зменшує негативну дію азоту, який знижує вміст цукрів. Після збільшення вмісту рухомого фосфору з 50 до 150 мг/кг в дерново-підзолистих ґрунтах, в яких  $pH = 4,5$ , урожайність озимої пшениці підвищується на 5 ц/га, при  $pH = 5,5$  – на 6 ц/га.

При збільшенні рухомих сполук фосфору в ґрунтах величина оптимального значення  $pH$  зростає. Так, на темно-сірих лісових ґрунтах і чорноземах опідзолених при вмісті  $P_2O_5$  75 мг/кг ґрунту оптимальне значення  $pH$  становить 6, при вмісті  $P_2O_5$  125 мг/кг ґрунту – 6,5.

Ефективність азотних і калійних добрив зростає пропорційно вмісту рухомих фосфатів до певного рівня, який залежно від типу ґрунту і культури коливається від 120 до 180–200 мг/кг ґрунту (див. табл. 29). Збільшення вмісту рухомого фосфору в некарбонатному чорноземі від низького до середнього сприяло підвищенню врожаю озимої пшениці на 10,2–18,6 ц/га, від середнього до підвищеного – на 4,6–7,6 ц/га, в карбонатному чорноземі – на 8,4–11,8 і 1,8–4 ц/га відповідно. Приріст урожаю від збільшення вмісту рухомих сполук фосфору до оптимального має нелінійний характер, досягаючи максимуму в інтервалі від низького до середнього за вмістом. Досягнення оптимального рівня забезпеченості рослин рухомими сполуками фосфору дає змогу підвищити врожай озимої пшениці порівняно з низьким його вмістом на 63–115 %, у Лісостепу, на карбонатних ґрунтах Степу – на 53–87 % (табл. 30). Роль оптимальних рівнів забезпеченості рослин фосфором значно зростає в



Таблиця 30. Урожайність озимої пшениці залежно від вмісту рухомого фосфору, ц/га (агрохімічна служба України)

Грунт	Вміст рухомого фосфору, мг/кг ґрунту					
	<50	50–100	>100	<50	50–100	>100
	Без добрив			Оптимальна норма добрив		
Чорнозем опідзолений	27,0	28,9	33,2	35,3	37,3	35,1
типовий	32,9	35,7	37,1	41,4	42,8	41,6
звичайний	25,8	40,6	41,4	32,7	48,0	48,4
південний	27,8	36,5	40,8	41,0	44,7	43,1

екстремальних умовах. Так, на чорноземах звичайних різниці в урожайі озимої пшениці в сприятливі і несприятливі роки становила 14 ц/га при вмісті  $P_2O_5$  50 мг/кг ґрунту і 10 ц/га при вмісті  $P_2O_5$  125 мг/кг (Л. М. Державін, 1986).

Ефективність азотних добрив ( $N_{90}$ ) після їх внесення під озиму пшеницю на сірих лісових ґрунтах підвищується майже вдвоє при збільшенні вмісту рухомого фосфору з 50 до 150 мг/кг ґрунту (Л. М. Державін, 1986).

Б. С. Носко (1982) за реакцією культур на підвищення рівня фосфатів розподілив їх на ті, які реагують слабо (ячмінь, еспарцет), середньо (озима пшениця, кукурудза) і сильно (цукрові буряки). Оптимальні фосфатні рівні залежно від особливостей культур і генетичних ознак ґрунту коливаються від 120 до 180 мг/кг ґрунту. Оптимізація фосфатного рівня підвищує ефективну родючість ґрунту та врожайність культур і нівелює генетичні особливості ґрунтів, сприяє стійкості рослин проти несприятливих погодно-кліматичних умов, зменшує амплітуду коливань урожаїв у різні за кількістю опадів роки та затрати води на одиницю продукції, створює фон для підвищення оплати азоту і калію добрив.

Періодичні агрохімічні дослідження ґрунтів свідчать про те, що площі ґрунтів України з середнім вмістом рухомих фосфатів збільшуються у разі одноразового зменшення з дуже низьким вмістом фосфору. Систематичне внесення добрив у господарствах дає змогу збільшити площі з підвищеним і високим вмістом рухомих сполук фосфору. Так, значне підвищення родючості ґрунтів України було встановлено під час шостого туру агрохімічного їх обстеження.

Важлива роль у житті рослин належить калію. Основним джерелом живлення рослин калієм є ґрунт. Однак загальний (валовий) вміст калію в ґрунті не завжди характеризує забезпеченість ним рослин. Тому забезпеченість рослин калієм на різних ґрунтах треба оцінювати не за загальною кількістю в ґрун-

ті, а за вмістом рухомого калію. Так, рослини насамперед засвоюють калій ґрунтового розчину, потім обмінний, необмінний і калій скелета ґрунту.

Вміст обмінного калію в ґрунті змінюється залежно від насичення сівозміни просапними культурами і добривами. Обмінний калій після внесення добрив здебільшого накопичується в орному шарі ґрунту. Його вміст є динамічною величиною, який зменшується від моменту настання весни до збирання врожаю, що пояснюється інтенсивним засвоєнням калію рослинами. Як правило, у ґрунті підтримується певна рівновага обмінного калію, яка виявляється у відновленні його кількості до весни порівняно з осіннім періодом попереднього року, коли вміст калію значно менший після виносу його з урожаєм. На величину цієї рівноваги значно впливає наявність фіксованого калію, який є резервом обмінного. Обмінний калій може перетворюватися на водорозчинну форму. Кореляція між кількістю водорозчинного, обмінного калію і вмістом калію у цукрових буряках, листках і стеблах озимої пшениці, кукурудзи та ячменю становить 0,63–0,95. Перехід обмінного калію у ґрунтовий розчин залежить переважно від вмісту і співвідношення в ґрунті катіонів. Крім того, на цей процес впливає кількість і склад добрив. Між формами калію в ґрунті існує рівновага, характерна для певного виду ґрунту.

Вапнування збільшує винос калію врожаєм і сприяє закріпленню калію ґрунтом. Після внесення вапна фіксація калію збільшується. Процеси фіксації калію в ґрунті і його вивільнення оборотні.

Вміст водорозчинного, обмінного і необмінного калію в ґрунті перебуває весь час у динаміці. Вирощування культур у сівозміні, під які не вносять калійних добрив, призводить до негативного балансу калію в окремих ланках сівозміни. Збільшення вмісту обмінного калію в 1 кг ґрунту на 1 мг у дерново-підзолистих ґрунтах від низького до підвищеного рівня супроводжується приростом урожаю озимої пшениці на 4,4 ц/га, озимого жита – на 2,8, картоплі – на 20 ц/га (Л. М. Державін, 1986).

Дослідженнями Довгопрудної агрохімічної дослідної станції (Росія) на дерново-підзолистих ґрунтах встановлено, що затрати калійних добрив на збільшення вмісту обмінного калію в 1 кг ґрунту на 1 мг зростають після проведення їх вапнування та після внесення добрив про запас порівняно з щорічним внесенням. Вони також знижуються після внесення гною порівняно з еквівалентною сумішшю мінеральних добрив.

Агрохімічне дослідження ґрунтів України показало, що за останні роки площі ґрунтів з низьким вмістом калію зменшились, а систематичне застосування добрив сприяє збільшенню площ ґрунтів з високим вмістом калію.

Враховуючи вміст органічної речовини, запаси і мобілізацію поживних речовин у дерново-підзолистих, світло-сірих і сірих лісових ґрунтах, добрива рекомендується вносити у співвідношенні N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O=1,2...1,3 : 1 : 1,2...1,3; на темно-сірих, чорноземі опідзоленому і вилугуваному – 1:1:1; на чорноземах Степу – 1 : 1,1...1,3 : 1; на солонцюватих ґрунтах – 1 : 1...1,3 : 0 з наступним коригуванням цих співвідношень залежно від вирощуваних культур (табл. 31).

У чорноземах Степу України (Дніпропетровська, Запорізька і Кіровоградська області) за 25 років застосування добрив вміст важких металів не збільшився (В. Ю. Коваленко та ін., 1994). Отже, внаслідок науково обґрунтованого застосування добрив забруднювання ґрунтів важкими металами не відбувається.

Хімізація є важливим заходом регулювання колообігу поживних речовин у ґрунті. Розроблені параметри агрохімічних властивостей ґрунтів наведено в табл. 32.

Оптимізація умов живлення рослин з урахуванням показників ґрунту дає змогу збільшити врожайність сільськогосподарських культур на Поліссі на 114 %, у Лісостепу – 122, у Степу – 118,6 %. У дослідях Уманської державної аграрної академії оптимізація живлення яблунь сорту Джонатан і Пепін Литовський на чорноземах опідзоленних сприяла підвищенню врожайності на 8,7 т/га.

Білоруським науково-дослідним інститутом ґрунтознавства і агрохімії встановлено, що мінімальний урожай картоплі на дерново-підзолистих ґрунтах вирощують при рН=5,5...5, вмісті гумусу 3,5 %, рухомого фосфору 25 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100 г ґрунту і

Таблиця 31. Валовий вміст азоту, фосфору і калію в орному шарі різних ґрунтів, % (П. М. Смирнов, 1988)

Ґрунти	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Дерново-підзолисті	0,02–0,13	0,03–0,12	0,5–2,5
Чорноземи	0,2–0,5	0,1–0,3	2,0–2,5
Сіроземи	0,05–0,15	0,08–0,2	2,5–3,0

Таблиця 32. Оптимальні параметри агрохімічних показників чорноземів типових (Б. С. Носко, Г. Я. Чесняк, 1984)

Культура	Урожайність, ц/га	Запас азоту в метровому шарі ґрунту, кг	Вміст, мг/кг ґрунту	
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Зернові колосові	35–40	240–260	120–140	140–180
Кукурудза (зерно)	45–50	270–280	130–150	160–200
Цукрові буряки	400–500	280–300	150–180	240–260

рухомого калію 20 мг/100 г ґрунту. Найбільші врожаї озимої пшениці вирощують при рН = 6...5,1, вмісті гумусу 2,5 % і вмісті 150 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 120 мг K<sub>2</sub>O на 1 кг ґрунту.

За даними Інституту цукрових буряків УААН, при середньому забезпеченні поживними речовинами (фосфором і калієм) рослин цукрових буряків для створення у зоні достатнього зволоження 1 т врожаю коренеплодів і відповідної кількості гички потрібно 4,4 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 5,4 кг K<sub>2</sub>O, а в зоні недостатнього зволоження – 3,9 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 4,5 кг K<sub>2</sub>O. За низького рівня забезпеченості рослин фосфором і калієм потреба у поживних речовинах зростає, а за високого – знижується; за оптимальної забезпеченості рослин фосфором і калієм на утворення 1 т коренеплодів та відповідної кількості гички треба 5–6 кг азоту.

Для вирощування 45–50 ц/га зерна озимої пшениці на Поліссі норма витрат на 1 ц зерна становить, кг: азоту – 2,8–3,2; фосфору – 2,4–2,6; калію – 2–2,3; для вирощування 60–65 ц/га пшениці у Лісостепу норма відповідно становить, кг: азоту – 2,2–2,5; фосфору – 2–2,3; калію – 1,3–1,5.

За даними шостого туру агрохімічного обстеження ґрунтів України, внаслідок застосування засобів хімізації середньозважений вміст рухомого фосфору становив 118 мг/кг ґрунту на Поліссі, 106 – у Лісостепу і 85 мг/кг у Степу; вміст калію відповідно становив 103, 106 і 137 мг/кг. В Україні середньозваже-

Таблиця 33. Нормативи затрат мінеральних добрив для збільшення вмісту рухомого фосфору і обмінного калію на 1 мг в 100 г ґрунту, кг/га

Ґрунт	Гранулометричний склад	Витрати добрив, кг/га		Метод визначення
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Дерново-підзолистий	1	50–60	40–60	Кірсанова
	2	70–90	60–80	»
	3	100–120	80–100	»
Сірий лісовий	1	70–80	60–70	»
	2	90–100	70–80	»
	3	120–140	80–90	»
Чорнозем опідзолений і вилугуваний	1	80–90	80–90	Чирікова
	2	90–100	80–90	»
	3	100–120	80–90	»
Чорнозем типовий і звичайний	1	90–100	80–90	»
	2	100–110	80–90	»
	3	120–130	80–90	»
Каштановий	–	90–110	–	Мачигіна

Примітка. 1 – піщані і супіщані ґрунти; 2 – суглинкові ґрунти; 3 – важкосуглинкові і глинисті ґрунти.

ний вміст рухомого фосфору дорівнює 93 мг, калію – 113 мг/кг ґрунту.

Для досягнення оптимального вмісту рухомих сполук фосфору і калію в ґрунтах розроблено нормативи затрат добрив для збільшення їх вмісту в ґрунтах (табл. 33).

### 5.3. Організаційно-господарські і екологічні умови

Створення оптимального запасу поживних речовин у ґрунтах є однією з важливих умов вирощування високих і сталих урожаїв доброї якості. Інтенсивні методи і технології вирощування сільськогосподарських культур, дотримання технологічної дисципліни є необхідною умовою науково обґрунтованого застосування засобів хімізації.

Рациональне використання органічних добрив дає змогу повертати у колообіг речовин значну кількість азоту, фосфору і калію, органічних та мінеральних добрив, підвищувати вміст рухомих сполук макроелементів та вміст органічної речовини у сівозміні. Так, у лучно-чорноземних легкосуглинкових ґрунтах без застосування добрив запас гумусу в орному шарі 0–100 см становить 298 т/га, за тривалого внесення гною у сівозміні – 309, гною та одинарної норми мінеральних добрив – 310, гною і полуторної норми мінеральних добрив – 348 т/га.

Повернення у сільськогосподарське використання рекультивованих земель неможливе без застосування добрив. На Поліссі на рекультивованих землях, які не покриті родючим шаром ґрунту, внесення у сівозміні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  забезпечило вирощування 256 ц/га зеленої маси конюшини червоної,  $N_{120}P_{120}K_{120}$  разом із 40 т/га гною – 290 ц/га зеленої маси кукурудзи,  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – 14,4 ц/га зерна озимої пшениці,  $N_{120}P_{120}K_{120}$  – 28,3 ц/га озимого жита, 40 т/га гною разом з  $N_{90}P_{120}K_{120}$  – 157 ц/га картоплі.

Науково обґрунтоване використання добрив на еродованих ґрунтах не тільки зменшує інтенсивність ерозійних процесів, а й збільшує врожайність сільськогосподарських культур (табл. 34). При застосуванні добрив на еродованих ґрунтах їх внесення слід поєднувати з протиерозійними заходами. Крім того, правильний підбір попередників і система удобрення є резервом підвищення врожайності (табл. 35).

Правильний вибір сільськогосподарських культур сприяє підвищенню ефективності хімізації. Так, на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах окупність 1 кг NPK на фоні гною становила у сортів картоплі Приєкульський ранній 13 кг бульб, Смачний – 14, Олев – 15, Юбель – 20, Чарівниця – 23, Темп – 32, Гатчинська – 34, Огоньок – 38 (М. Ю. Власенко).

Таблиця 34. Ефективність добрив на чорноземі глибокому (В. О. Рядовой та ін.)

Культура	Удобрення	Урожайність, ц/га
Озима пшениця на слабкозмітому ґрунті	$N_{30}P_{60}K_{60}$	49,2
	$N_{60}P_{90}K_{90}$	51,2
на середньозмітому ґрунті	$N_{30}P_{60}K_{60}$	43,3
	$N_{60}P_{90}K_{90}$	46,2

Таблиця 35. Урожайність озимої пшениці залежно від попередників, ц/га

Варіант досліду	Попередник					
	конюшина	приріст урожаю, ц/га	кукурудза на силос	приріст урожаю, ц/га	горох	приріст урожаю, ц/га
Контроль	36,8	–	37,0	–	27,6	–
NPK	51,5	14,7	56,5	18,5	51,2	23,6
Гній	53,8	16,0	46,2	9,2	44,4	16,8
Гній + NPK	63,0	26,2	58,6	21,6	56,8	28,8

Дотримання чергування культур у сівозміні та хімічна меліорація ґрунтів є основою підвищення врожайності та якості продукції, зниження виводу поживних речовин бур'янистою рослинністю, зменшення пошкодження рослин хворобами і шкідниками. Збільшення ротації сівозміни підвищує оплату добрив. Високий рівень агротехніки і дотримання належної технологічної дисципліни вирощування сільськогосподарських культур – необхідна умова підвищення ефективності добрив.

Диференційоване застосування добрив і пестицидів дає змогу значно підвищити врожайність сільськогосподарських культур. Наприклад, застосування трьох підживлень азотом з урахуванням результатів листкової і ґрунтової діагностики збільшило врожай озимої пшениці з 54,3 до 69,3 ц/га. Застосування пестицидів на фоні добрив зумовило підвищення врожаю до 78,4 ц/га (В. Д. Зосимов, 1986), а впровадження прогресивних технологій і засобів хімізації забезпечило вирощування стійких і високих урожаїв.

Необґрунтоване застосування засобів хімізації (крім зменшення прибутків від внесення добрив) призводить до зниження біологічної фіксації азоту з атмосфери, біологічної активності ґрунту, забруднення продукції рослинництва і навколишнього середовища. Надмірне використання високих норм добрив спричинює накопичення в продукції рослинництва нітратів, нітритів у кількостях, що перевищують гранично допустимі

концентрації. Значні кількості нітратів, нітритів та деяких інших азотовмісних сполук можуть зумовити утворення в рослинах і ґрунтах шкідливих сполук – нітрозамінів.

Для зменшення нагромадження нітратів у рослинах треба проводити дробне внесення азотних і повільнодіючих добрив, інгібіторів нітрифікації. Детоксикацію нітратів і нітритів зумовлює фолієва кислота, вітаміни С, Р, Е. Метіонін, лізин і треонін також здатні затримувати нітразування азотовмісних сполук. Тому вирощування сільськогосподарської продукції з великим вмістом вітамінів, метіоніну, лізину і треоніну сприяє захисту організму людини від шкідливих азотистих сполук.

З викидами промислових підприємств на рослини і ґрунт потрапляє значна кількість важких металів. Деякі з них (Cd, Zn, Cu, Cr, Ni, V) можуть вноситись у ґрунт з добривами. Тому при використанні суперфосфату, фосфоритного борошна та особливо стічних вод тваринницьких комплексів і населених пунктів необхідно враховувати їх хімічний склад. Вапнування знижує токсичну дію кадмію, свинцю, ртуті, кобальту, мангану, зменшує доступність для рослин цинку, кобальту і міді. У рослинах слабо акумулюються свинець, мідь, хром, ртуть, проте в значній кількості може накопичуватись кадмій, кобальт, цинк, нікель, молібден.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Як змінюється ефективність добрив залежно від ґрунтово-кліматичних умов?
2. Як можна пояснити процеси мобілізації та іммобілізації сполук азоту, які відбуваються в ґрунтах під час застосування азотних добрив?
3. Як змінюється ефективність фосфорних добрив залежно від вмісту азоту і калію в ґрунтах?
4. Способи регулювання колообігу поживних речовин.
5. Як можна зменшити негативний вплив азоту і деяких мікроелементів на якість сільськогосподарської продукції?

## ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ҐРУНТІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Реакція ґрунтового розчину залежить від складу та концентрації розчинених у ньому хімічних компонентів – вільних мінеральних і органічних кислот та їхніх солей. Кислотність і лужність ґрунту визначають за наявністю та активністю в ньому іонів водню  $H^+$  та гідроксильної групи  $OH^-$ . Іони водню  $H^+$  та гідроксильної групи  $OH^-$  завжди наявні у водних розчинах ґрунту, і тому кислотність його визначають за співвідношенням цих іонів. Кислотність ґрунтів, як правило, визначають одиницями рН – від'ємного логарифма активності іонів  $H^+$ , вираженого у молях на 1 л розчину. Наприклад, активність  $10^{-1}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-7}$ ,  $10^{-9}$ ,  $10^{-11}$  відповідає рН = 1; рН = 3; рН = 5; рН = 7; рН = 9; рН = 11. Розчини з рН < 7 кислі, а з рН > 7 – лужні. За реакцією середовища виділено такі групи ґрунтів (В. Ф. Вальків, 1986):

рН ґрунтів	Середовище	рН ґрунтів	Середовище
4,0—5,0	дуже кисле	6,5—7,5	нейтральне
5,0—6,0	сильнокисле	7,5—8,5	слабоколужне
6,0—6,5	слабокисле	8,5—10,0	сильнолужне

Кислотно-лужні властивості розчинів ґрунту дуже впливають на ріст, розвиток, процеси обміну речовин і режим живлення сільськогосподарських рослин. Оптимальний інтервал рН залежить від біологічних особливостей рослин і зовнішніх умов середовища. Підвищена кислотність та лужність негативно впливають на ріст і розвиток рослин. Так, при рН < 4 розвиток рослин пригнічується внаслідок високої кислотності, а при рН > 8,5...9,0 – унаслідок високої лужності. Показник рН, при якому більшість культур нормально розвивається, становить 6,5, коли створюються сприятливі умови для живлення рослин: наявність поживних речовин у доступних для рослин формах, сприятливі умови для нітрифікаційної активності, задовільні умови для існування корисних ґрунтових мікроорганізмів, відсутність токсичних рухомих елементів – алюмінію і мангану, наявність яких у кислих ґрунтах призводить до утворення важкорозчинних сполук.

Серед показників фізико-хімічної властивості ґрунтів найбільше значення мають обмінно-вбирні катіони  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  і  $\text{H}^{+}$ , з якими пов'язані поняття актуальної і гідролітичної кислотності, суми ввібраних основ і ступеня насичення ґрунтів основами. На основі цих та інших показників ґрунтуються шляхи хімічної меліорації кислих або засолених ґрунтів. Відомо, що прямий вплив кислотності або лужності ґрунту на розвиток рослин має менше значення, ніж побічний, який зумовлює насамперед різке зниження ефективності мінеральних добрив, порушення збалансованості живлення елементами самого ґрунту, різке погіршення фізичних властивостей ґрунту.

Отже, за сучасного рівня застосування мінеральних добрив, особливо в інтенсивному землеробстві, проблема хімічної меліорації полів – вапнування кислих і гіпсування засолених ґрунтів – є особливо актуальною.

### 6.1. Вапнування кислих ґрунтів

В Україні ґрунти з підвищеною кислотністю ( $\text{pH} < 6$ ) займають близько 9 млн га, в тому числі до 8,5 млн га орних земель. Нині в господарствах України різко зменшилося застосування хімічних меліорантів. У багатьох регіонах підкислення ґрунтів досягло критичних значень. Темпи збільшення площ з підвищеною кислотністю становлять 0,4–0,5 % за рік.

Основні площі кислих ґрунтів знаходяться на Поліссі і в Лісостепу. Найбільшу кислотність мають верхові торфовища і сильноопідзолені ґрунти Полісся та дещо меншу – сірі й темно-сірі лісові ґрунти. Низька кислотність ґрунтового розчину характерна для чорноземів опідзолених і вилугуваних. У комплексі агрохімічних заходів щодо підвищення родючості кислих ґрунтів основне місце належить вапнуванню. Після вапнування відбувається глибока, тривала і всебічна дія вапна на ґрунт, а через нього і на рослину. Витрати на проведення робіт з хімічної меліорації фінансуються державою, що свідчить про важливість цього заходу.

Після внесення вапна знижується кислотність ґрунту і підвищується насиченість його основами, що створює оптимальні умови для росту і розвитку рослин та формування високого врожаю. Крім того, вапнування позитивно впливає на агрохімічні, фізико-хімічні та біологічні властивості кислих ґрунтів, поліпшуючи таким чином умови живлення рослин. На вапнованих ґрунтах рослини формують краще розвинену кореневу систему, яка здатна засвоювати з ґрунту більше поживних речовин. Відомо, що кисла реакція ґрунтового розчину супроводжується надлишковим вмістом токсичних для рослин рухомих форм алюмінію, мангану, заліза, зниженням доступності

фосфору, молібдену, погіршенням складу мікрофлори ґрунтів, гальмуванням надходження в рослини кальцію і магнію. Крім того, на кислих ґрунтах дуже низька окупність мінеральних добрив та невисока якість продукції рослинництва.

Отже, вапнування є важливою умовою інтенсифікації землеробства на кислих ґрунтах, підвищуючи їх родючість та ефективність мінеральних добрив, особливо азотних: ефективність застосування добрив на кислих ґрунтах на 30–40 % нижча, ніж на тих самих ґрунтах після вапнування.

Зі збільшенням норм мінеральних добрив значення вапнування ґрунтів зростає. Зниження кислотності після вапнування ґрунтів дає змогу рослинам використовувати елементи живлення з добрив, які підвищують ефективність вапнування. Тому вапнування кислих ґрунтів має передувати внесенню добрив.

За даними агрохімічної служби України, на дерново-підзолистих ґрунтах підвищення  $\text{pH}$  на одиницю в інтервалі від 5 до 6 підвищує врожайність озимої пшениці на 45–50 %, ячменю на 12–15, а озимого жита в інтервалі  $\text{pH}$  від 4,4 до 5,5 – на 20–25 %, причому на суглинкових ґрунтах приріст урожаю вищий, ніж на супіщаних. Оптимальні значення  $\text{pH}$  у польових сівозмінах з озимою пшеницею на дерново-підзолистих ґрунтах становлять близько 6, а в лісостеповій зоні – 6,5–6,7.

Ефективність вапнування залежить від ступеня кислотності ґрунту: чим вона вища, тим більша потреба у вапнуванні і більші прирости врожаю. У зв'язку з цим, перш ніж розпочати вапнування, треба визначити ступінь кислотності ґрунту і потребу у вапнуванні, встановити норму вапна та підібрати відповідний вапняковий матеріал з урахуванням особливостей ґрунту і культур, що вирощуються, визначити місце, строки та способи внесення вапнякового матеріалу в сівозміні.

Визначення потреби у вапнуванні кислих ґрунтів проводять різними методами: за гідролітичною кислотністю ґрунту; за  $\text{pH}$  сольової витяжки з урахуванням гранулометричного складу ґрунту та вмісту в ньому гумусу; за ступенем насиченості ґрунту основами з урахуванням набору сільськогосподарських культур у сівозміні.

За ступенем потреби ґрунтів у вапнуванні з урахуванням  $\text{pH}$  сольової витяжки їх можна об'єднати в такі п'ять груп: I –  $\text{pH}_{\text{KCl}} < 4$  – потреба у вапнуванні дуже висока; II –  $\text{pH} = 4,1 \dots 4,5$  – потреба у вапнуванні висока (ґрунти першої і другої груп вапнують у першу чергу); III –  $\text{pH} = 4,6 \dots 5,0$  – потреба у вапнуванні висока в овочевих і кормових сівозмінах на супіщаних та суглинкових ґрунтах, середня – в польових сівозмінах на піщаних ґрунтах; IV –  $\text{pH} = 5,1 \dots 5,5$  – потреба у вапнуванні досить висока в кормових і овочевих сівозмінах на легких ґрунтах; V –  $\text{pH} = 5,6 \dots 6,0$  – потреба у вапнуванні слабка.

Потреба у вапнуванні ґрунтів V групи підвищується у разі інтенсивного застосування мінеральних добрив та відповідного набору культур у сівозміні, що пов'язано з витратами кальцію на нейтралізацію кислотності мінеральних добрив і підвищенням виносом його з урожаєм. У Лісостепу потреба у вапнуванні ґрунтів V групи вища, ніж на Поліссі.

Потребу ґрунтів у вапнуванні визначають також за величиною гідролітичної кислотності. При  $H_r > 4$  мг-екв на 100 г ґрунту потреба ґрунтів у вапнуванні гостра;  $H_r = 3...4$  – потреба у вапнуванні висока для ґрунтів Полісся і Лісостепу, середня для ґрунтів Прикарпаття, слабка для гірських районів Карпат;  $H_r = 2...3$  – потреба у вапнуванні середня в зонах Полісся й Лісостепу, слабка в районах Прикарпаття й відсутня в гірських районах Карпат;  $H_r = 1,8...2$  – доцільно вапнувати опідзолені ґрунти Лісостепу та слід вапнувати легкі ґрунти Полісся;  $H_r = 1,5...1,8$  – потреба у вапнуванні слабка. К.А. Бровкіна встановила, що на ґрунтах середньо- та важкосуглинкових у районах бурякосіяння вапнування дає стійкий позитивний ефект при величині гідролітичної кислотності 1,8 мг-екв на 100 г ґрунту і вище та ступені його насиченості основами менше як 93 %.

З урахуванням ступеня насиченості ґрунтів основами потребу їх у вапнуванні визначають так: ґрунти, ступінь насиченості яких основами менший ніж 50 %, потребують вапнування в першу чергу; 50–70 % – потребують вапнування; 70–90 % – вапнування проводять з урахуванням системи удобрення та набору культур у сівозміні.

Торф'яні ґрунти завдяки високому вмісту в них органічної речовини мають вищу буферну здатність, ніж мінеральні (відрізняються від останніх меншим вмістом рухомого алюмінію та інших речовин). Тому під час визначення потреби у вапнуванні торф'яних ґрунтів не завжди застосовують методи, які використовують для визначення потреби у вапнуванні мінеральних ґрунтів. Потребу у вапнуванні торф'яних ґрунтів здебільшого визначають за обмінною кислотністю: при  $pH_{KCl} < 4,2$  потреба у вапнуванні велика;  $pH = 4,2...4,6$  – середня;  $pH > 4,6$  – слабка.

Встановлення оптимальних норм вапна для різних ґрунтів і культур – завдання складне. Це пояснюється тим, що рослини реагують не тільки на кислотність ґрунту (до певних значень концентрації іонів  $H^+$ ), а й на вміст рухомих форм алюмінію, маргану, заліза, а також на зміну співвідношення іонів цих металів у ґрунтового розчину внаслідок їх антагонізму. Негативна їх дія на рослини залежно від частки участі в ґрунті виявляється при різних значеннях pH. Тому інтервал реакції, сприятливий для росту і розвитку культур, на різних ґрунтах неоднаковий. Так, на кислих ґрунтах на ріст і розвиток рослин дуже

негативно впливає алюміній. При  $pH = 5...5,6$  і більше майже весь алюміній переходить у нерозчинний стан. Тому найкраща ефективність від вапнування на дуже кислих ( $pH < 5$ ) дерново-підзолистих ґрунтах з низьким вмістом гумусу. Доведення pH ґрунтів до вищих значень часто малоефективне не тільки в польових, а й в овочевих сівозмінах. Крім того, велике значення має усунення негативного впливу кислотності ґрунту на рухомість маргану, оскільки його осадження (порівняно з алюмінієм) відбувається при вищих значеннях pH (близько 7), що потребує збільшення норми вапна вдвічі.

Норми вапна встановлюють різними методами. Однак для більш повного витіснення іонів  $H^+$  з ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) норми вапна ( $CaCO_3$ ) встановлюють за гідролітичною кислотністю. Для цього цифрові показники в міліграм-еквівалентах кислоти на 100 г ґрунту множать на коефіцієнт 1,5, оскільки 1 мг-екв іонів  $H^+$  на 100 г ґрунту відповідає 1,5 т/га  $CaCO_3$  ( $H_{CaCO_3} = 1,5 \cdot H_r$ ). Наприклад, якщо гідролітична кислотність становить 4 мг-екв/100 г ґрунту, то на 1 га треба внести  $(4 \cdot 1,5) 6$  т вапна. Для перерахунку інших вапнякових матеріалів на  $CaCO_3$  використовують коефіцієнт перерахунку: для  $MgCO_3$  – 1,2;  $MgO$  – 2,5;  $CaO$  – 1,79;  $Ca(OH)_2$  – 1,35;  $Mg$  – 4,11;  $Ca$  – 2,5.

Повні, розраховані за гідролітичною кислотністю, норми вапна забезпечують зниження обмінної та гідролітичної кислотності до слабкокислої реакції, усувають рухомі форми алюмінію, доводять до нешкідливого рівня рухомі форми маргану, значно підвищують вміст кальцію (часто і магнію) в ґрунті, поліпшують доступність головних елементів живлення для рослин.

Однак не на всіх ґрунтах і не під усі культури доцільно вносити вапно, норма якого розрахована за повною гідролітичною кислотністю, оскільки треба враховувати і реакцію культури на безпосереднє вапнування. Надлишкове вапнування ґрунту може бути так само шкідливим, як і недостатнє, що пояснюється тим, що під дією надлишку вапна знижується доступність заліза, маргану, бору, цинку, калію, а іноді й фосфору. Особливо шкідливе перевапнування легких ґрунтів з низькою ємністю поглинання. У таких випадках позитивний результат можна отримати лише на фоні підвищених норм гною. Під овочеві культури (цибуля, морква, огірки, картопля), які негативно реагують на підвищену концентрацію кальцію, вапно треба вносити з розрахунку півнорми за гідролітичною кислотністю, і насамперед на легких ґрунтах. Навпаки, культури, які пригнічуються внаслідок підвищеного вмісту рухомого маргану в ґрунті, позитивно реагують на вапнування, яке проводять підвищеними нормами для доведення pH до 6,2...6,5.

Таблиця 36. Орієнтовні норми  $\text{CaCO}_3$  залежно від значення pH в KCl-витяжці і гранулометричного складу ґрунту, т/га

Гранулометричний склад ґрунту	pH (KCl-витяжка)						
	до 4	4,1-4,5	4,6	4,7-4,8	4,9-5,0	5,1-5,5	5,6-5,7
Піщаний, глинисто-піщаний	4,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5
Супіщаний	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Легкосуглинковий	5,5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Середньо- і легкосуглинковий	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,0

Під час встановлення норми вапна допускається також встановлення його норми за значенням pH (в KCl-витяжці) з урахуванням гранулометричного складу ґрунту (табл. 36). Цей метод можна використати для кислих ґрунтів Полісся, а також піщаних і супіщаних ґрунтів західних районів України. Норми, які розраховані за pH (KCl-витяжка), відповідають 0,5-0,75 норми гідролітичної кислотності. Однак встановлення норм вапна за величиною обмінної кислотності та гранулометричним складом ґрунту має такий недолік: буферність ґрунту, як показали дослідження, залежить не тільки від гранулометричного складу, а й від вмісту гумусу. Тому точніше норми вапна можна визначити за гідролітичною кислотністю.

У практичній роботі агрохімічної служби України використовують метод встановлення норм вапна за нормативами витрат на зміщення значення pH на 0,1 (табл. 37). На ґрунтах з pH=5,6...6 для нейтралізації кислотності мінеральних добрив слід вносити 3 т/га  $\text{CaCO}_3$  один-два рази за ротацію сівозміни. При цьому нормативи повинні відображати регіональні особливості ґрунтів і форми вапнякових матеріалів, які використовують для вапнування. На кількість  $\text{CaCO}_3$  впливає тип ґрунту, його гранулометричний склад, вміст органічної речовини, початкова реакція тощо. Підраховано, що 1 т вапна ( $\text{CaCO}_3$ ) зменшує значення pH на піщаних ґрунтах на 0,66, супіщаних – на 0,27, легкосуглинкових – на 0,18; витрати його для підвищення pH на 0,1 становлять відповідно 0,12-0,16, 0,35-0,4 і 0,5-0,6 т/га (Г. А. Мазур).

Під час встановлення норми вапна ( $\text{CaCO}_3$ ) для торф'яно-болотних ґрунтів ураховують, що маса їх орного шару набагато нижча, ніж маса такого самого шару мінеральних ґрунтів. Найкраще потреба торф'яно-болотних ґрунтів у вапнуванні задовольняється при встановленні норм вапна з урахуванням показників обмінної ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) та гідролітичної кислотності, ступеня насиченості ґрунту основами і об'ємної маси орного шару (табл. 38). Однак внесення на кислих торф'яно-болотних ґрунтах повних норм вапна може підсилити мінералізацію торфу

Таблиця 37. Нормативні оптимальних значень pH різних типів ґрунтів і витрати  $\text{CaCO}_3$  для зміщення pH на 0,1 та на  $\Delta$  pH

Тип ґрунту	Значення рН		Δ рН	Норма витрат СаСО <sub>3</sub> , т/га, для зміщення рН	
	похідне	оптимальне		на 0,1 рН	на Δ рН
	Рілля				
Дерново-підзолистий	4,5	5,5	1,2	0,45	5,4
	4,6–5,0	5,5	0,7	0,61	4,2
	5,1–5,5	5,5	0,2	0,63	1,3
Сірий лісовий	4,5	6,0	1,7	0,66	11,2
	4,6–5,0	6,0	1,2	0,80	9,6
	5,1–5,5	6,0	0,7	0,91	6,4
	Сіножаті				
Усі типи – середнє значення	4,5	5,5	1,2	0,63	7,6
	4,6–5,0	5,5	0,7	0,64	4,5
	5,1–5,5	5,5	0,2	0,85	1,7
	Пасовища				
Усі типи – середнє значення	4,5	5,5	1,2	0,63	7,6
	4,6–5,0	5,5	0,7	0,64	4,5
	5,1–5,5	5,5	0,2	0,85	1,7
	Багаторічні насадження				
Усі типи – середнє значення	4,5	5,5	1,2	0,63	7,6
	4,6–5,0	5,5	0,7	0,64	4,5
	5,1–5,5	5,5	0,2	0,85	1,7

Таблиця 38. Визначення норм  $\text{CaCO}_3$  для торф'яно-болотних ґрунтів

pH (KCl-витяжка)	Гідролітична кислотність, мг-екв/100 г ґрунту	Ступінь насиченості основами, %	Норма $\text{CaCO}_3$ , т/га, при масі орного шару завтовшки 0-20 см	
			до 500 т/га	понад 500 т/га
3,9	>100	<25	10-12	12-16
3,92-4,3	100-60	25-50	4-6	6-8
4,31-4,7	60-40	50-65	2,5-4	3,5-5
4,71-5,0	40-30	65-75	1-2	2-3
5,0	<30	>75	Не потребують	–

та знизити рухомість і засвоєння рослинами міді й мангану, а іноді й заліза. Тому одноразові підвищені норми вапна виправдані лише на дуже кислих ґрунтах з високим вмістом рухомого заліза. В інших випадках доцільніше проводити вапнування половинними нормами та скорочувати час між повторними вапнуваннями.

В умовах України на основі аналізу багаторічного вивчення ефективності вапнування ґрунтів, його впливу на показники

Таблиця 39. Оптимальні норми  $\text{CaCO}_3$  для хімічної меліорації кислих ґрунтів (Г. А. Мазур, А. В. Новикова)

Ґрунт	Норма $\text{CaCO}_3$ щодо повної гідролітичної кислотності
Дерново-слабокідзолистий глинисто-піщаний	0,75 – при внесенні підвищених норм NPK в сівозміні норму $\text{CaCO}_3$ можна збільшити до повної
Дерново-підзолистий супіщаний	1,0 – норму $\text{CaCO}_3$ можна зменшити до 0,75 в сівозміні з льоном і люпином
глеєвий	1,0
суглинковий	1,0
поверхнево-оглеєний	0,5 – якщо $\text{H}_\text{p}$ менше ніж 4 мг-екв/100 г ґрунту, норму $\text{CaCO}_3$ можна збільшити до 0,75–1,0
Бурозем (гірські райони Карпат)	0,5 – 0,25 – на ґрунтах з $\text{H}_\text{p}$ від 4,5 до 8 мг-екв/100 г ґрунту вносять 0,5 норми, при більших її значеннях (8–16 мг-екв) – 0,25
Сірий лісовий, темно-сірий лісовий, чорноземні опідзолені й вилугувані	1,0

родючості та на врожайність сільськогосподарських культур можна рекомендувати такі оптимальні норми вапна (табл. 39).

Вапнякові матеріали, які застосовують у господарствах, містять різні домішки і вологу, а також грубі часточки, які повільно взаємодіють з ґрунтом і є баластом. Розрізняють норми вапна та фізичні норми відповідного вапнякового матеріалу. Під час встановлення фізичної норми вапна роблять поправки на вміст вологи, домішок і недіяльних (малопритатних) часточок  $\text{CaCO}_3$ :

$$N_\Phi = \frac{100 \cdot N_p}{(100-B) \cdot (100-B) \cdot D},$$

де  $N_\Phi$  – фізична норма вапнякового матеріалу, т/га;  $N_p$  – розрахункова норма вапнякового матеріалу, т/га;  $B$  – вміст вологи в матеріалі, %;  $B$  – кількість недіяльних часточок вапна діаметром понад 3 мм, %;  $D$  – сума нейтралізуючих речовин у перерахунку на  $\text{CaCO}_3$ , %.

Строки, способи та місце внесення вапна в сівозміні взаємозв'язані і залежать від норми вапнякового матеріалу, його форми та якості, реакції культур на вапнування. Необхідну норму вапнякового матеріалу вносять у ґрунт з таким розрахунком,

щоб його дія була максимальною на культурах, які добре реагують на вапнування. Під час внесення вапна незалежно від поля сівозміни треба добиватись максимального перемішування його з усією масою орного шару ґрунту.

У сівозмінах Полісся рекомендовані норми вапнякових матеріалів вносять під покривну культуру багаторічних трав або безпосередньо під картоплю, льон і люпин. Безпосередньо під картоплю (якщо після неї не висівають льон) вапно можна вносити під основний обробіток ґрунту або навесні під культивування. Під льон і люпин, якщо застосовують повну норму вапна, його вносять під основний обробіток ґрунту, а якщо планують півнорми вапна, його також можна вносити навесні під глибку культивування.

У разі внесення вапна під картоплю, льон і люпин велике значення має форма вапнякового матеріалу. Найкраще вносити повільнодіючі матеріали (мелене вапно, доломітове борошно), збільшуючи при цьому в 1,5–2 рази норми калійних добрив та борвмісні добрива. Якщо дозволяє чергування культур у сівозміні, вапно вносять за 4–5 років до садіння картоплі, сіви льону та люпину. Однак вапно не рекомендується вносити поверхнево на посіви багаторічних трав.

Найефективніше виявляється дія вапна на 2–3-й рік після його внесення. Так, у сівозмінах Лісостепу насамперед вносять вапно на тому полі, де на 2–3-й рік будуть висівати культури, які добре реагують на вапнування. Наприклад, вапно вносять під озиму пшеницю, яка є попередником цукрових буряків, або безпосередньо під цукрові буряки. Якщо вапно вносять під цукрові буряки, то його заробляють під час лушення стерні попередника. За такого внесення вапна краще перемішується з ґрунтом, ніж під час оранки, і вапнування більш ефективне для першої культури. У західних районах України в сівозмінах з льоном та люпином вапно доцільно вносити, враховуючи чергування культур, в два прийоми – на початку і в середині ротации 9–10-пільних сівозмін. У разі використання для вапнування повільнодіючих вапнякових матеріалів у сівозмінах з льоном, картоплею і люпином можна практично виключити негативну дію вапна незалежно від місця та строків його внесення.

В овочевих сівозмінах добре реагують на вапнування кислих ґрунтів капуста, цибуля, огірки. Тому в таких сівозмінах вапно вносять у повних нормах за гідролітичною кислотністю під попередники цих культур. Для овочевих культур найбільша ефективність прямої дії вапна спостерігається на ґрунтах, які мають  $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,6 \dots 5$ . Однак капуста білоголова, буряки столові, морква, цибуля та огірки дають високий приріст урожаю від цього заходу і на слабкокислих ґрунтах. Під плодові



культури вапно вносять під час садіння дерев або в пристовбурні круги, а на сильно- і середньокислих ґрунтах – у повній нормі за гідролітичною кислотністю до садіння дерев.

Підвищена кислотність ґрунтів, на яких розташовані сіножаті і пасовища, не тільки негативно впливає на їх агрохімічні та фізичні властивості, режим живлення, а й зумовлює формування травосуміші малоцінного ботанічного складу низької якості і є головною причиною, що перешкоджає підвищенню врожайності цих угідь. Нейтралізація кислотності ґрунту має особливо важливе значення за докорінного його поліпшення. На ґрунтах з дуже кислою реакцією ( $\text{pH} = 3,2 \dots 4$ ) взагалі неможливо створити культурні сіножаті та пасовища з високою продуктивністю. Крім того, лучні трави більш чутливі до підвищення кислотності ґрунтів і рухомого алюмінію, ніж культури польових сівозмін. Отже, на сіножатях і пасовищах вапно вносять у ґрунт на ділянках, де планують провести докорінне поліпшення, та поверхнево з наступним боронуванням.

Вапнування практично проводять протягом усього року. У теплий період вапнують перезволожені ґрунти та ґрунти на горбистих ділянках полів, восени та навесні – добре дреновані ґрунти, влітку – вільні від посівів лани. Дозволяється вносити вапно після оранки взимку, причому в цей час вапнують рівні поля, на яких висота снігового покриву не перевищує 30 см. При цьому вологість вапнякових матеріалів має бути не більш як 7 %, а швидкість вітру – не більше ніж 5 м/с. Вапно вносять насамперед під ті культури, які добре реагують на вапнування, або під їх попередники, а половинні норми – також під льон і люпин. Вапно не можна вносити взимку на посівах озимих культур і багаторічних трав.

Вапнування є найбільш тривалодіючим засобом агрохімічного впливу на родючість ґрунту. Так, повна норма вапна, що відповідає величині гідролітичної кислотності, в сівозміні діє протягом 7–8 і більше років. Ця норма вапна зумовлює слабкокислу реакцію ґрунту, яка є оптимальною для більшості культур. Потім реакція ґрунту починає підкислюватись і поступово наближається до початкового рівня, що потребує проведення повторного або підтримувального вапнування. Цьому сприяють розкладання в ґрунті органічних решток і утворення органічних кислот. Кореневі виділення рослин, а також більшість біохімічних процесів, які відбуваються в ґрунті, також призводять до підкислення ґрунтового середовища. Нині в багатьох країнах, у тому числі і в нашій, почали випадати «кислотні» дощі, які хоч і не дуже сильно, але все-таки впливають на підвищення надлишкової кислотності ґрунту. Із ростом інтенсифікації землеробства різко зросли процеси збіднення ґрун-

ту на основі внаслідок виносу кальцію і магнію з врожаєм та переважно внаслідок їх міграції з кореневмісного шару з інфільтраційними водами. Застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив і підвищена агресивність атмосферних опадів також збільшили втрати кальцію та магнію з орного шару ґрунту. Змінився процес вимивання елементів з ґрунту, зросло вимивання легкорухомих аніонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ , які не сорбуються з ґрунтом і зв'язують еквівалентну кількість катіонів, здебільшого  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ .

Тому підвищення кислотності ґрунту та потреба проведення повторного або підтримувального вапнування зумовлюється переважно витратами кальцію внаслідок виносу його з урожаєм рослин і вимивання з орного шару ґрунту опадами у більш глибокі шари. У зв'язку з цим для проведення хімічної меліорації кислих ґрунтів дуже велике практичне значення має визначення балансу кальцію в ґрунті. Як правило, баланс кальцію складають для всього господарства або для сівозміни чи окремого поля.

Під час складання балансу кальцію враховують такі статті: втрати кальцію з ґрунту – винос з урожаєм, вимивання, на нейтралізацію кислотності ґрунту, на нейтралізацію кислотності добрив; надходження кальцію в ґрунт – з органічними і мінеральними добривами, при вапнуванні, з насінням, з опадами. Завершальним етапом складання балансу кальцію є визначення суми статей втрат і надходження кальцію для окремих культур, ц/га, потім на всю площу, після чого підраховують втрати й надходження його на всю площу (табл. 40). Показники балансу кальцію можна використовувати ті самі, що й для балансу головних елементів живлення.

Якщо розглядати реакцію рослин на наявність у ґрунті кальцію, то вона є протилежною реакції їх на  $\text{pH}$  середовища. Рослини, які страждають від підвищеної кислотності, краще ростуть і розвиваються на ґрунтах, які збагачені на кальцій, і навпаки. За відношенням до вмісту кальцію в ґрунті рослини поділяють на такі групи: кальцепостійні, які постійно ростуть на багатих на кальцій ґрунтах; кальцефіли – віддають перевагу ґрунтам, які багаті на кальцій; кальцефоби – не ростуть на ґрунтах із високим вмістом кальцію; на вміст у ґрунті кальцію не реагують (І. М. Культіасов, 1982). Отже, втрати кальцію внаслідок виносу рослинами залежать від того, до якої групи за відношенням до вмісту кальцію вони належать, а також від рівня врожаю культур сівозміни. Середній щорічний винос рослинами кальцію з урожаєм становить приблизно 60–120 кг/га. Винос кальцію з урожаєм буває найменшим у сівозмінах, які насичені зерновими культурами, найбільшим – в овочевих і кормових сівозмінах.

Таблиця 40. Баланс кальцію

Культура	Площа, га	Урожайність, ц/га	Втрати кальцію з ґрунту (-)						Надходження кальцію в ґрунт (+)								Баланс (±)	
			кг/га						кг/га								всього на всю площу, ц	кг/га
			внесок з урожаєм	вимивання	ґрунту	добрива	всього	з усієї площі, ц	з органічних добрив	з мінеральних добрив	при вапнуванні	з наслідків	з опадів	всього	на всю площу, ц			
Всього Баланс, ц (±) Баланс, кг/га (±)																		

Головне джерело втрат кальцію з ґрунту – вимивання його з фільтрівними водами. Втрати кальцію з ґрунту можуть значно коливатися і залежать від багатьох факторів: кількості опадів, ступеня просочування вологи, гранулометричного складу ґрунту та його кислотності, норм вапна, складу та норм добрив, що вносяться, набору культур у сівозміні та їх урожайності тощо. Середньорічні втрати кальцію з орного шару ґрунту внаслідок його вимивання коливаються від 50 до 250 кг/га в перерахунку на СаО. Більші втрати спостерігаються на дерново-підзолистих ґрунтах і менші – на опідзолених та вилугуваних чорноземах. Наприклад, щорічні втрати кальцію на дерново-середньопідзолистих ґрунтах за середньої багаторічної кількості опадів 570 мм дорівнюють 82 кг/га (табл. 41). За ротацію 8-пільної сівозміни втрати кальцію внаслідок вимивання становлять 656 кг/га. Внесення мінеральних добрив, незважаючи на те, що в сівозміні проводили вапнування, призводить до значного збільшення втрат кальцію внаслідок вимивання. Застосування хімічно, фізіологічно або біологічно кислих мінеральних добрив зумовлює збільшення вмісту кальцію в ґрунтового розчині та міграцію його з кореневмісного шару ґрунту. На втрати кальцію з фільтрівними водами найбільше впливають азотні добрива, особливо сульфат амонію. Наприклад, після внесення 100 кг азоту у формі сульфату амонію з орного шару може вимиватись близько 250–290 кг/га СаО, а після внесення такої самої кількості азоту у формі нітрату амонію – 70–90 кг/га СаО. Втрати кальцію внаслідок вимивання збільшуються при внесенні фізіологічно кислих азотних добрив разом з калійними. За систематичного їх внесення значно змінюється

Таблиця 41. Втрати СаО за ротацію 8-пільної сівозміни внаслідок вимивання, кг/га (Г. А. Мазур, В. М. Симачинський)

Варіант дослідів	Щорічні втрати кальцію	Всього вимито за ротацію	Поверхню висхідною течією води	Вимито за ротацію з урахуванням капілярного підняття
Без добрив	82	656	154	502
5,8 ц/га мінеральних добрив+10 т/га гною щорічно+СаСО <sub>3</sub> 0,75 ГК	118	994	192	752
11,6 ц/га мінеральних добрив+10 т/га гною щорічно+СаСО <sub>3</sub> 0,75 ГК	181	1448	224	1224

Примітка. ГК – гідролітична кислотність.

склад промивних вод: збільшується вміст соляної, сірчаної та азотної кислот, зменшується вміст вугільної кислоти, що викликає збільшення вимивання кальцію. Особливо значні втрати кальцію спостерігаються у разі збільшення норм мінеральних добрив (див. табл. 41).

Отже, при хімічній меліорації кислих ґрунтів вапняковий матеріал треба вносити в такій кількості, щоб одночасно знизити кислотність ґрунту та нейтралізувати кислотність, яка виникає після внесення мінеральних добрив, насамперед азотних. Для нейтралізації 1 ц мінеральних добрив приймають такі норми витрат  $\text{CaCO}_3$ , ц: сульфату амонію – 1,25; хлориду амонію – 1,4; нітрату амонію – 0,75; сечовини – 1,2; аміачної води – 0,50; безводного аміаку – 2,2; амофосу – 0,65; суперфосфату – 0,10.

Дослідження показують, що втрати кальцію з ґрунту перевищують його надходження. Дефіцит балансу кальцію в ґрунті здебільшого можна усунути вапнуванням, оскільки з органічними та мінеральними добривами, які містять кальцій, надходить недостатня кількість основ для нейтралізації природного процесу підкислення ґрунту. Органічні добрива можуть виконувати цю функцію лише при внесенні їх 25–30 т/га щороку. Незначна кількість кальцію надходить у ґрунт з атмосферними опадами – 15–25 кг/га щороку. Отже, при вапнуванні треба створювати додатний баланс кальцію в ґрунті. Тільки за додатного балансу кальцію площа кислих ґрунтів зменшується, а за від'ємного – збільшується, незважаючи на щорічне проведення вапнування. Від'ємний баланс кальцію призводить до негативних наслідків: постійно зростають площі з підвищеною кислотністю; знижується ефективність мінеральних добрив і не використані рослинами нітрати перемішуються в ґрунтові води;

зменшується захисна здатність рослин до надходження в них важких металів і залишків пестицидів; зростає рухомість гумусових сполук ґрунту. Тому в практиці сільського господарства деяких країн для планування бездефіцитного балансу кальцію в землеробстві прийняті такі орієнтовні щорічні сумарні втрати його з ґрунту, кг/га: Німеччина – 100–600; Франція – 600; Польща – 200–500; Англія – 300.

Доцільність та потреба в повторному або підтримувальному вапнуванні ґрунту кожної ділянки вирішується з урахуванням показників кислотності ґрунту (величина рН, гідролітична кислотність), ступеня насиченості основами та величини рН, яку планують встановити. Повторне вапнування доцільно проводити у разі зниження рН на 0,5 одиниці порівняно з оптимальним рівнем рН для даної сівозміни (табл. 42), оскільки воно дає досить високий позитивний ефект, підвищуючи дію мінеральних добрив. Строк повторного вапнування можна також визначити за формулою

$$t = \frac{\Delta \text{pH}}{XC} \quad \text{при } \Delta \text{pH} < \Delta \text{pH}_0$$

де  $t$  – період ефективної післядії вапнування, років;  $\Delta \text{pH}$  – допустиме зниження рН ґрунту перед повторним вапнуванням порівняно з досягнутим (оптимальним або заданим значенням рН при попередньому вапнуванні);  $X$  – норматив зміщення рН ґрунту на 1 т  $\text{CaCO}_3$ ;  $C$  – середньорічні втрати  $\text{CaCO}_3$  з орного шару, т/га.

Контроль за кислотністю ґрунту здійснюють під час агрохімічного обстеження ґрунтів, яке проводять один раз у 5 років. Строки повторного вапнування залежать від норми та якості вапнякового матеріалу, внесенного при основному вапнуванні, кількості опадів, видів і норм добрив, набору культур у сівозміні. Важливо також урахувати реакцію культур у сівозміні на безпосереднє та повторне вапнування. Норму вапна у разі повторного вапнування встановлюють з урахуванням конкретних показників кислотності та гранулометричного складу ґрунту, набору культур у сівозміні і тієї оптимальної величини рН, яку мають досягнути в ґрунті для оптимального розвитку культур. Якщо встановлена доцільність підтримувального вапнування, то його здійснюють один раз у 2–3 роки, норма вапна при цьому становить 2–3 т/га.

Вапнування кислих ґрунтів у господарствах проводять здебільшого районні об'єднання «Сільгоспхімія» згідно з проектно-кошторисною документацією, яку розробляють державні проектно-технологічні центри охорони родючості ґрунтів і якості продукції.

Таблиця 42. Допустима величина рН (КСІ-втяжка) ґрунту для різних сівозмін

Гранулометричний склад ґрунту	Тип сівозміни				Культурні пасовища і злакові сіножаті
	польова з льоном і картоплею	польова з багаторічними травами	польова з цукровими буряками	кормова і овоче-кормова	
Піщаний і супіщаний	5,0–5,3	5,3–5,5	5,8–6,0	5,8–6,0	5,2–5,4
Легко- і середньосуглинковий	5,4–5,6	5,5–6,0	6,0–6,2	6,0–6,2	5,4–5,6
Важкосуглинковий і глинистий	5,5–5,8	5,8–6,2	6,2–6,5	6,2–6,5	5,6–5,8
Торф'яний	4,6–4,8	4,8–5,2	5,2–5,8	5,2–5,6	4,6–4,8

Залежно від якості хімічних меліорантів розрізняють технологію застосування пилюватих і слабкопилюватих вапнякових матеріалів. Під час внесення пилюватих вапнякових матеріалів з використанням машин РУП-8 та АРУП-8 застосовують прямоточну технологію транспортування та внесення. На полях, де використання машин АРУП-8 неможливе, застосовують перевантажувальну технологію (спеціальні силоси – АРУП-8 – РУП-8 – поле). Слабкопилюваті вапнякові матеріали переважно вносять за двома технологічними схемами – прямоточною та перевалочною. Прямоточну технологію застосовують при невеликій відстані поля від кар'єру (до 15 км), де добувають місцеві вапнякові матеріали, або складу. При більшій відстані вапнування проводять за перевалочною технологією, яка нині є найпоширенішою.

Вапнування кислих ґрунтів – це тривалодіючий захід, тому неякісне його проведення негативно впливає на родючість ґрунтів протягом багатьох років. У зв'язку з цим слід суворо дотримуватися рекомендованих норм, строків, способів, глибини заробки, рівномірності внесення та черговості використання вапна на полях або ділянках сівозміни. Відхилення фактичної норми внесення вапна від рекомендованої за проектно-кошторисною документацією не повинно перевищувати 10 %, а нерівномірність внесення по ширині для матеріалів, що пилять, – 30 %, а для матеріалів, що слабо пилять, – 25 %. Авторський нагляд за якістю робіт, які виконують згідно з проектно-кошторисною документацією, здійснюють державні проектно-технологічні центри охорони родючості ґрунтів і якості продукції.

## 6.2. Гіпсування засолених ґрунтів

Засоленими називають ґрунти, в профілі яких концентрація легкорозчинних солей досягає 0,1–0,3 %. До них належать солончаки, солонці та різні за ступенем солончакуватості і солонцюватості ґрунти. Притаманні засоленим ґрунтам несприятливі фізичні, хімічні та фізико-хімічні властивості негативно впливають на розвиток більшості рослин. Це насамперед висока лужність і наявність соди, яка викликає загибель рослин при її вмісті в ґрунтовому розчині 0,005 %. Засолені ґрунти поширені в степовій і лісостеповій зонах України і займають близько 2,2 млн га орних земель. Меліорація цих ґрунтів – один з важливих резервів збільшення виробництва зерна і тваринницької продукції.

Негативні водно-фізичні і агрономічні властивості солонців пояснюються наявністю в їх складі ілювіального горизонту з підвищеним вмістом мулистих часточок та значною кількістю

поглинутих катіонів  $\text{Na}^+$  і  $\text{Mg}^{2+}$ . Ці катіони спричиняють диспергацію ґрунту, його погану водопроникність, запливання та набухання у вологому стані, сильне ущільнення та розтріскування на глиби під час висихання. Солонці мають підвищену лужність, яка шкідлива для рослин. Крім солонців в Україні розповсюджені солонцюваті ґрунти, які також мають погані фізичні, хімічні та фізико-хімічні властивості. Солонці і солонцюваті ґрунти, як правило, розміщуються в комплексі з іншими типами ґрунтів, займаючи від 4 до 80 % площі. Походження цих ґрунтів пов'язане із поглинанням ГВК обмінного натрію. Такі ґрунти набувають стійкої лужної реакції внаслідок взаємодії іонів  $\text{Na}^+$  з іонами  $\text{H}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ . Продуктами цих реакцій є луг ( $\text{NaOH}$ ) та сода ( $\text{NaHCO}_3$  і  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), і тому реакція ґрунтового розчину знаходиться в межах  $\text{pH} = 7,5 \dots 9,5$ . Докорінного поліпшення цих ґрунтів досягають за допомогою таких заходів: внесення різних хімічних речовин (меліорантів), проведення глибокої меліоративної оранки (самомеліорація), сівби солестійких рослин (фітомеліорація) та застосування комплексного агробіологічного методу.

Засолені ґрунти за глибиною залягання верхнього сольового горизонту поділяють на *солончакові* (наявність солей у шарі 0–30 см), *солончакуваті* (30–80 см), *глибокосолончакуваті* (80–150 см), *глибокозасолені* (>150 см). Залежно від вмісту натрію ґрунти поділяють на такі групи: *несолонцюваті* (вміст натрію не більш як 3–5 % від ємності вбирання), *слабосолонцюваті* (5–10 %), *солонцюваті* (10–20 %) і *солонці* (понад 20 %). Останні залягають окремими плямами.

Солонці за товщиною залягання надсолонцевого горизонту бувають *кіркові* (<5 см), *мілкі* (5–10 см), *середні* (10–18 см) та *глибокі* (>18 см). Залежно від вмісту обмінного натрію в солонцевому горизонті солонці, у свою чергу, поділяють на *малонатрієві* (вміст натрію <10 % від ємності вбирання), *середньонатрієві* (10–25 %) і *багатонатрієві* (>25 %). За характером водного режиму солонці бувають *автоморфні* (ґрунтові води залягають на глибині 6–7 м і нижче), *напівгідроморфні* (3–6 м) та *гідроморфні* (1–3 м).

Нижні горизонти солонців можуть бути засолені лужними або нейтральними солями. Тому солонці залежно від якісного складу солей у ґрунті поділяють на содові, содово-сульфатні, сульфатно-содові, хлоридно-содові, содово-хлоридно-сульфатні (Лісостеп) та хлоридні, сульфатні, хлоридно-сульфатні (Степ).

У першій групі солонців крім обмінного натрію є водорозчинні солі карбонатів і гідрокарбонатів натрію, які зумовлюють високу лужність цих ґрунтів. При річній кількості опадів понад 300 мм основним засобом їх докорінного поліпшення є гіпсуван-

ня. У солонцях другої групи сода відсутня, проте є незначна кількість поглинутого натрію. Ці ґрунти можна поліпшувати за рахунок карбонатів кальцію самого ґрунту (*самомеліорація*).

Найефективнішим заходом поліпшення солонців і солонцюватих ґрунтів є їх *хімічна меліорація* – внесення в ґрунт гіпсу, фосфогіпсу, сульфату заліза, хлориду або нітрату кальцію, сірчаної та азотної кислот, кислих органічних відходів промисловості (лігнін) тощо. Проте нині вирішується питання про розширення асортименту хімічних меліорантів та застосування екологічно чистіших їх форм.

Практика показує, що на солонцях північного Лісостепу середня норма гіпсу становить 5–6 т/га, на лучно-чорноземних ґрунтах – 1,5–3, на солонцях південного Лісостепу – 10–12, на чорноземах солонцюватих – 2,5–3, на солонцях сухого Степу – 3–4, на темно-каштанових ґрунтах – 1,5–2 т/га. Однак норму гіпсу на окремих полях або ділянках у сівозміні краще визначати, враховуючи у ґрунті вміст поглинутого натрію.

Для малонатрієвих солонців і солонцюватих ґрунтів норму гіпсу розраховують за формулою

$$H = 0,086hdNa,$$

де  $H$  – норма гіпсу, т/га; 0,086 – 1 мг-екв гіпсу, г;  $h$  – глибина меліорованого шару ґрунту, см;  $d$  – об'ємна маса меліорованого шару ґрунту, г/см<sup>3</sup>;  $Na$  – загальний вміст обмінного натрію в ґрунті, мг-екв/100 г ґрунту.

Для середньо- і багатонатрієвих солонців (допускається вміст обмінного натрію до 10 %):

$$H = 0,086hd(Na - 0,1E),$$

де  $E$  – ємність поглинання меліорованого шару ґрунту, мг-екв/100 г ґрунту.

Для засолених і солонцюватих ґрунтів содового засолення

$$H = 0,086hd(Na - 0,1E + S - 1),$$

де  $S$  – сума іонів  $HCO_3^-$  та  $CO_3^{2-}$  у водній витяжці, мг-екв на 100 г ґрунту; 1 – допустимий вміст іонів  $CO_3^{2-}$  та  $HCO_3^-$  мг-екв на 100 г ґрунту.

Для малонатрієвих солонців і солонцюватих ґрунтів з вмістом обмінного  $Mg > 50$  % від ємності поглинання

$$H = 0,086hd(Mg - 0,3E),$$

де  $Mg$  – вміст обмінного магнію, мг-екв/100 г ґрунту.

Норму гіпсу визначають з урахуванням заміщення тільки активного натрію. При першому разовому внесенні гіпсу в

ґрунт за межу неактивного натрію приймають 10 % ємності поглинання, а в хлоридно-сульфатних солонцях Степу – 5 %.

Ефективність гіпсування залежить переважно від наявності вологи в ґрунті, реакції ґрунтового розчину, глибини залягання ґрунтових вод, м'якості помелу гіпсу тощо. Активна дія гіпсу виявляється тільки у вологому ґрунті. Тому його в першу чергу вносять на ділянках, які зрошуються. Найкращим місцем для цього в сівозміні є чорний пар і просапні культури (кукурудза, цукрові буряки), а в сівозмінах з багаторічними бобовими травами – поле, яке відводиться для їх сіви.

Способи внесення гіпсу залежать від солонцюватості ґрунту та глибини залягання солонцевого горизонту. На солонцюватих чорноземах усю норму меліоранту заробляють під час оранки. На мілкостовпчастих або кіркових солонцях половину норми меліоранту вносять під оранку, а другу – під культивування; на глибокостовпчастих солонцях  $3/4$  частини норми меліоранту вносять під оранку, а  $1/4$  частину – під культивування.

Важливим заходом поліпшення солонців є плантажна або ярусна оранка. *Плантажна оранка* – це оранка на глибину 55–56 см з таким розрахунком, щоб перемістити на поверхню 5–10-сантиметровий шар ґрунту, який містить карбонати кальцію і гіпс. Оранку проводять восени в тому полі, яке в наступному році відводиться під чорний пар або просапні культури. Плантажна оранка ефективна тільки на лучно-степових або степових солонцевих комплексах і малоефективна на лучних солонцях з високим заляганням дуже мінералізованих вод та на ґрунтах содового засолення у разі глибокого залягання солей кальцію і близького залягання сольового горизонту. *Ярусну оранку* проводять на глибину 40–50 см. За такої оранки гумусовий горизонт ґрунту залишається на поверхні, а солонцевий та розташований нижче карбонатний горизонти міняються місцями і частково перемішуються.

Для поліпшення агрохімічних, мікробіологічних і агрофізичних властивостей солонців на них вирощують такі солестійкі культури, як буркун та люцерна (фітомеліорація). Добре розвинена коренева система цих культур проникає в ілювіальний горизонт солонцю, розпушує його, створюючи умови для вимивання легкорозчинних солей з ґрунту.

Найскладнішим завданням є окультурення ґрунтів солонцюватого комплексу з перевагою солончакових (гідроморфно засолених) солонців. Перш ніж вирощувати сільськогосподарські культури на таких ґрунтових комплексах, треба протягом 3–4 років проводити систему агротехнічних, меліоративних та агрохімічних заходів.

Хімічну меліорацію солонців і засолених ґрунтів та меліоративну оранку слід поєднувати з внесенням органічних добрив і

сівбою культур на зелене добриво та сівбою трав, снігозатриманням на богарних землях і додатковими поливами при зрошувальному землеробстві. Це сприяє підвищенню біологічної активності ґрунту, інтенсивному утворенню вугільної кислоти і, як наслідок, збільшенню розчинності гіпсу та кальцієвмісних сполук у ґрунті. Витрати на проведення хімічної меліорації солонців окуплюються за 3–4 роки, а на меліоративну оранку – за 2–3 роки.

Для *корінного поліпшення* солонців у засушливих незрошуваних умовах необхідно застосовувати агробіологічний метод, який включає такі заходи: спеціальний, меліоративний обробіток ґрунту (переміщення в орний шар карбонатів ґрунту або гіпсу), систему вологонагромаджувальних заходів, сівбу культур – фітомеліорантів, внесення органічних і мінеральних добрив.

На содових і содово-сульфатних солонцях хімічна меліорація (внесення гіпсу) малоефективна. Це пояснюється тим, що розчинність гіпсу при  $\text{pH}=8,5$  знижується, а ці ґрунти завжди мають  $\text{pH}=9\ldots 11$ . Ефективним заходом підвищення родючості содових і содово-сульфатних солонців є *кислування*, яке проводять сірчаною кислотою. Для цього використовують технічну сірчану кислоту, яка є відходом хімічної промисловості. Після внесення сірчаної кислоти в ґрунт лужність його швидко нейтралізується. Крім того, кислота активує карбонати кальцію ґрунту. Безводний сульфат кальцію, який при цьому утворюється, за активністю в багато разів ефективніший за гіпс, і поглинутий натрій швидше витісняється іонами кальцію. Іони водню сірчаної кислоти також витісняють іони натрію з ГВК. Тому дія сірчаної кислоти значно ефективніша, ніж гіпсу.

Сірчану кислоту вносять за допомогою переобладнаних обприскувачів на продискований ґрунт з наступною оранкою на глибину 18–20 см і боронуванням. Для зниження концентрації та видалення солей, що утворилися, ґрунт треба промити. Як правило, це відбувається під час зрошення. В Лісостепу під впливом опадів промивається 60–80 % солей, що утворились унаслідок кислування ґрунту.

Значна кількість меліорантів, які використовують для окультурення засолених ґрунтів, потребує раціонального їх використання. У зв'язку з цим необхідно завчасно планувати роботу для хімічної меліорації засолених ґрунтів і здійснювати контроль за якістю її проведення. Гіпсування солонців і солонцюватих ґрунтів у господарствах повинно виконуватись згідно з проектно-кошторисною документацією. Авторський нагляд за якістю робіт здійснює державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції, який і роз-

робляє всі матеріали. Агротехнічні вимоги щодо внесення гіпсу (фосфогіпсу) такі самі, як і до внесення вапнякових матеріалів, що слабо пилять.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Теорія і практика хімічної меліорації ґрунтів.
2. Вплив хімічної меліорації ґрунтів на ефективність добрив.
3. Коли виникає потреба вапнування або гіпсування ґрунтів?
4. Методи встановлення норм вапна.
5. Місце внесення вапна і гіпсу в сівозміні.
6. Проведення повторного або підтримувального вапнування.
7. Економічна ефективність хімічної меліорації.

## МЕТОДИ ВСТАНОВЛЕННЯ НОРМ ДОБРИВ

Норма добрив як складова частина фактора мінерального живлення рослин об'єктивно пов'язана з іншими факторами. Тому встановлення науково обґрунтованих норм добрив є надзвичайно складним і багатогранним питанням агрохімії. По суті, всі агрохімічні дослідження прямо чи опосередковано присвячені цьому питанню. З іншого боку, розроблення методики встановлення норм добрив збагачує сучасними даними агрохімічну науку, виявляє рівень розвитку культури землеробства, хімічної промисловості й економіки в цілому.

Розглядаючи методи встановлення норм добрив, треба насамперед зупинитись на поняттях норма і доза добрив. *Норма* – це загальна кількість добрив, що вноситься під сільськогосподарську культуру за весь період її вегетації, а *доза* – це кількість добрива, яку вносять під сільськогосподарську культуру за один прийом. Так, якщо під цукрові буряки з осені було внесено 120 кг/га азоту, навесні під час сівби – 10, а для підживлення – 30 кг/га, то в цьому випадку кожна наведена кількість азоту – це доза, а сума цих доз ( $120 + 10 + 30 = 160$  кг/га) – це норма азоту.

Нині є багато методів встановлення норм добрив. Усі вони умовно об'єднані в чотири групи.

1. Методи, що ґрунтуються на використанні результатів польових дослідів з добривами.
2. Балансово-розрахункові методи, які ґрунтуються на забезпеченні виносу врожаєм культур головних елементів живлення за допомогою добрив.
3. Комплексні методи, які, крім потреби рослин у головних елементах живлення, враховують й інші фактори життєдіяльності сільськогосподарських культур.
4. Економіко-математичні методи, що ґрунтуються на визначенні норм добрив за допомогою рівнянь множинних регресій.

### 7.1. Методи, що ґрунтуються на використанні результатів польових дослідів з добривами

Найкраще вивченим і простим є метод використання результатів польового дослідів. Розробили й обґрунтували цей метод Д. М. Прянишников (1931, 1941), П. Г. Найдін (1948) та інші вчені.

Польовий дослід, як передбачалось раніше, прямо вказував кількість і співвідношення мінеральних добрив для вирощування тої чи іншої врожайності. Проте численними дослідженнями було доведено, що навіть в умовах, коли він закладався на одному і тому самому чи поряд розміщеному полі, норми добрив польового дослідів, перенесені у виробничі умови, не забезпечували вирощування ідентичної з дослідною урожайності. Як правило, вона була, залежно від культури землеробства, на 20–50 % нижчою. Це пояснюється впливом неоднорідності родючості ґрунту виробничої ділянки, а також появою додаткових організаційно-господарських і ресурсних труднощів у забезпеченні оптимальних умов водно-повітряного і мінерального живлення рослин.

Встановлення норм добрив за результатами одиничного польового дослідів, проведеного в умовах господарства. У разі прямого використання в господарстві результатів польового дослідів, проведеного на його території, роблять коригування норм добрив на клас ґрунту за вмістом поживних речовин. Якщо клас ґрунту поля відрізняється від класу дослідної ділянки на одну чи дві одиниці, то норми фосфорних і калійних добрив змінюються на  $\pm 25$  і  $\pm 50$  % відповідно, а норми азотних – на  $\pm 10$  або  $\pm 20$  %. За відсутності даних щодо забезпечення рослин азотом коригування норм азотних добрив на ґрунтах середнього і важкого гранулометричного складу проводять за вмістом фосфору, на легких ґрунтах – за вмістом калію.

Для використання результатів одиничного польового дослідів довелось б мати великий штат науковців, витратити земельні та енергетичні ресурси, що економічно не вигідно і практично виконати неможливо. Тому в практиці землеробства пряме використання результатів одиничного польового дослідів використовують рідко. Спроба прямого використання результатів одиничного польового дослідів, проведеного в одному місці, для визначення норм добрив у інших подібних ґрунтово-кліматичних і рельєфних умовах позитивного результату не дала з багатьох причин, основною з яких є відмінність ґрунтів за ефективною родючістю.

Встановлення норм добрив за результатами польових дослідів, проведених у типових для даної зони умовах. Цей метод називають ще методом рекомендацій з урахуванням забезпеченості рослин поживними речовинами ґрунту або методом використання результатів польового дослідів й агрохімічних картограм. Донедавна цей метод був найпоширенішим в Україні. Суть його полягає в тому, що в кількох типових для даної зони місцях на основних типах ґрунтів науково-дослідні установи проводять польові дослідів з вивчення ефективності норм добрив. У дослідів вирощують районовані і перспективні сорти сільськогосподарських культур, використовують загальноприйнятту для даної зони агротехніку.

Таблиця 43. Рекомендовані норми добрив (Б. С. Носко)

Культура	Грунт	Норма добрив, кг/га		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	Полісся і низинні райони Карпат			
Озима пшениця	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	90	90	60
Озиме жито	Дерново-карбонатний	90	60	90
	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	70	70	70
Кукурудза на зерно	Дерново-підзолистий, сірий лісовий (суглинкові)	90	60	90
	Дерново-підзолистий, сірий лісовий (піщані та супіщані)	120	90	120
Ярі зернові (ячмінь, овес)	Дерново-підзолистий, сірий лісовий (суглинкові)	60	45	45
	Дерново-підзолистий, сірий лісовий (піщані та супіщані)	90	60	60
Зернобобові	Дерново-підзолистий, сірий лісовий (суглинкові)	-	60	60
	Дерново-підзолистий, сірий лісовий (піщані та супіщані)	30	60	60
Гречка, просо	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	60	60	60
Картопля	Дерново-підзолистий, сірий лісовий (суглинкові)	90	70	120
	Дерново-підзолистий, сірий лісовий (піщані та супіщані)	120	90	150
Льон-довгунець	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	45	90	90
Цукрові буряки	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	160	150	180
	Темно-сірий лісовий, чорнозем опідзолений	120	160	170
Коноплі	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	160	120	120
	Темно-сірий лісовий, чорнозем опідзолений	120	90	90
Люпин	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	-	60	60
Кормові коренеплоди	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	140	130	150
Трави багаторічні бобові	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	-	60	90
Трави багаторічні злакові	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	60	60	90
Трави однорічні	Дерново-підзолистий, сірий лісовий	90	60	90

Продовження табл. 43

Культура	Грунт	Норма добрив, кг/га		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Лісостеп				
Озима пшениця	Чорнозем типовий	90	90	60
	Чорнозем опідзолений	90	90	90
	Темно-сірий лісовий	120	90	90
Озиме жито	Сірий лісовий	120	120	90
	Сірий лісовий	60	60	60
	Чорнозем типовий	60	60	40
	Чорнозем опідзолений,	60	90	60
	темно-сірий лісовий			
Овес, просо	Сірий лісовий	90	90	90
	Чорнозем типовий, чорнозем	60	60	60
Гречка	опідзолений, сірі лісові			
	Чорнозем типовий,	45	60	45
Кукурудза на зерно	чорнозем опідзолений, сірі лісові			
	Чорнозем типовий,	90	90	60
на силос	чорнозем опідзолений, сірі лісові			
	Чорнозем типовий,	120	90	90
Зернобобові	чорнозем опідзолений, сірі лісові			
	Чорнозем типовий,	30	60	60
Цукрові буряки	чорнозем опідзолений, сірі лісові			
	Чорнозем типовий	160	170	150
Картопля	Чорнозем опідзолений, сірі лісові	170	160	180
	Чорнозем типовий			
	Чорнозем опідзолений, сірі лісові	90	120	120
Соняшник		120	180	180
Озимий ріпак	Чорноземи чи сірі лісові	60	60	60
	Чорнозем типовий			
Коноплі	Сірі лісові	30	60	60
	Чорнозем типовий,			
Кормові коренеплоди	чорнозем опідзолений, сірі лісові	45	45	60
	Чорноземи чи сірі лісові	120	90	90
Трави		140	120	120
багаторічні бобові	Чорноземи чи сірі лісові	—	60	60
	Чорноземи чи сірі лісові	60	60	60
багаторічні злакові				
Степ				
Пшениця озима	Чорнозем звичайний	90	90	60
	Чорнозем південний	90	60	40
	Темно-каштановий солонцюватий	90	60	—
Пшениця яра	солонцюватий			
	Чорнозем звичайний, південний, темно-каштановий солонцюватий	60	60	40



Культура	Грунт	Норма добрив, кг/га		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Ячмінь, овес	Чорнозем звичайний, чорнозем південний, темно-каштановий солонцюватий	60	60	40
Кукурудза на зерно	Чорнозем звичайний	90	90	60
	Чорнозем південний	90	60	40
	Темно-каштановий солонцюватий	90	60	—
на силос	Чорнозем звичайний, чорнозем південний	90	60	40
Просо, гречка	Чорнозем звичайний, чорнозем південний, темно-каштановий солонцюватий	60	60	40
Рис	Чорнозем звичайний, чорнозем південний, темно-каштановий солонцюватий	120	120	60
Зернобобові	Чорнозем звичайний, чорнозем південний, темно-каштановий солонцюватий	—	60	40
Цукрові буряки	Чорнозем звичайний, чорнозем південний, темно-каштановий солонцюватий	130	150	140
Соняшник	Чорнозем звичайний	60	60	60
	Чорнозем південний	60	60	40
	Темно-каштановий солонцюватий	60	60	—
Озиме жито	Чорнозем звичайний, чорнозем південний, темно-каштановий солонцюватий	60	60	40

Результати польових дослідів математично обробляють, узагальнюють, а потім рекомендують для конкретних умов (сільськогосподарська культура, зона, підзона, генетичний тип ґрунту, його гранулометричний склад, умови зволоження, рівень урожайності) середні норми добрив. Інколи в рекомендаціях умови вирощування сільськогосподарських культур указують не повністю. Найчастіше не враховують умови зволоження, рівень урожайності чи гранулометричний склад ґрунту. Такі рекомендації є деякою мірою безадресними і дещо втрачають свою практичну цінність. Спеціалісти сільськогосподарського виробництва відповідно до ґрунтово-кліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур у своїх господарствах рекомендовані норми добрив знаходять у таблиці (табл. 43).

Таблиця 44. Поправкові коефіцієнти до рекомендованих норм добрив

Вміст у ґрунті рухомих поживних речовин	Зернові і просянні культури, трави, льон	Овочеві культури
<i>Азотні добрива</i>		
Вміст азоту чи фосфору		
дуже низький	1,2	—
низький	1,1	1,2
середній	1,0	1,1
підвищений	0,9	1,0
високий	0,7	0,9
дуже високий	0,7	0,8
<i>Фосфорні і калійні добрива</i>		
Вміст фосфору чи калію		
дуже низький	1,5	—
низький	1,2–1,3	1,5
середній	1,0	1,2–1,3
підвищений	0,7–0,8	1,0
високий	0,4–0,6	0,7–0,8
дуже високий	0,1–0,3	0,4–0,6

Рекомендовані норми добрив розраховані для вирощування певної врожайності, ц/га: озимих зернових – 40–45, кукурудзи на зерно – 40–60, кукурудзи на силос – 350–400, коренів цукрових буряків – 400–500, гороху – 30–35, ярих зернових – 30–35, соняшнику – 20–25. Потім, користуючись агрохімічними картографами ґрунтів свого господарства і таблицею поправкових коефіцієнтів (табл. 44), вносять поправки до середніх рекомендованих норм добрив на забезпечення рослин поживними речовинами ґрунту. Якщо картограма вмісту азоту в ґрунті в господарстві відсутня, то поправковий коефіцієнт до норми азотних добрив знаходять, як правило, за допомогою картограми вмісту фосфору в ґрунтах або паспорта поля.

Разом з визначенням норм добрив численні польові досліді сприяли виявленню залежності врожаю від норм внесених добрив. Більшістю експериментальних даних дослідів було доведено, що врожайність пропорційно збільшенню норм добрив не зростає, а змінюється експоненціально.

Якщо залежність врожаю від норм добрив зобразити графічно (рис. 1), то побачимо, що пряма залежність спостерігається лише до певного рівня збільшення норми добрив, за якого досягається найбільша оплата одиниці



Рис. 1. Графік залежності врожайності від норм добрив за незмінності інших факторів росту і розвитку рослин

поживних речовин добрив вирощеною продукцією. Цю норму добрив прийнято називати *оптимальною*. Вона забезпечує вирощування високого врожаю хорошої якості при максимальному можливому прибутку з одиниці площі. Родючість ґрунту при цьому підвищується або зберігається на попередньому рівні.

Хоча наступне підвищення норми добрив і супроводжується збільшенням урожайності, проте окупність одиниці поживних речовин добрив зменшується. Тому виникло поняття *раціональна норма добрив*, тобто це норма добрив, яка забезпечує вирощування якнайбільшої кількості сільськогосподарської продукції хорошої і задовільної якості з одиниці площі. При цьому зростає родючість ґрунту та економічний ефект від використання добрив.

При деякому високому рівні норми добрив подальше збільшення їх кількості вже не забезпечує підвищення урожайності. Така норма добрив називається *граничною*. Вона забезпечує вирощування тільки максимально можливої врожайності допустимої якості за умови (як мінімум) самоокупності затрат на використання добрив.

Оптимальні норми добрив використовують тоді, коли кількість добрив обмежена. Господарству вигідніше вносити менші норми добрив на більшій площі й вирощувати більший валовий урожай, ніж вносити високі норми на меншій площі.

Граничні норми добрив вносять у районах інтенсивної хімізації для удобрення основних сільськогосподарських культур.

Щорічне внесення в господарстві високих норм добрив у разі дотримання відповідних науково обґрунтованих вимог значно підвищує родючість ґрунту. Проте при цьому знижується окупність одиниці добрив сільськогосподарською продукцією. Тому в таких умовах краще використовувати раціональні норми добрив.

Використання польових дослідів з добривами для визначення нормативу витрат їх при доведенні вмісту рухомих поживних речовин у ґрунті до оптимального рівня. Одним з основних питань комплексної хімізації землеробства є розширене відтворення родючості ґрунту, доведення до оптимального рівня його агрохімічних, агрофізичних і біологічних показників. Для більшості ґрунтів такими показниками є: глибина гумусного горизонту і вміст гумусу, реакція середовища, сума ввібраних основ, гранулометричний склад (вміст фізичної глини), нітрифікаційна здатність, вміст і ступінь рухомості обмінного калію та рухомого фосфору, щільність складення, ступінь структурності.

Оптимальним рівнем того чи іншого показника родючості ґрунту вважають такий рівень, який забезпечує вирощування високого врожаю хорошої якості після внесення мінеральних добрив, близьких до оптимальних.

У Білорусі для вирощування високих урожаїв картоплі визначені такі оптимальні рівні показників родючості ґрунту: вміст гумусу – 3,5 %; рН ґрунтової витяжки – 5,5–5; вміст рухомого фосфору 250 мг/кг та обмінного калію 200 мг/кг ґрунту; для озимої пшениці відповідно 2,5 %; 6,0–5,1; 150 і 120 мг/кг ґрунту.

Оскільки потреба різних сільськогосподарських культур в ґрунтових умовах неоднакова, то ґрунт середнього рівня родючості для одних культур може мати низький або високий рівень родючості для інших.

Доведення вмісту рухомих поживних речовин у ґрунтах до оптимальних рівнів є одним з основних завдань хімізації землеробства. Затрати мінеральних добрив на створення оптимальних рівнів вмісту поживних речовин визначають за формулою

$$З = (O - \Phi) \cdot H,$$

де  $Z$  – затрати поживної речовини мінеральних добрив, кг/га;  $O$  і  $\Phi$  – відповідно оптимальний і фактичний вміст поживної речовини в ґрунті, мг/100 г;  $H$  – норматив затрат поживної речовини для зміщення її вмісту на 1 мг, кг/га. Визначають її за результатами тривалих дослідів з добривами:

$$A = \frac{B - C}{D - E},$$

де  $A$  – затрати елемента живлення добрив для зміщення його вмісту на 1 мг в 100 (1000) г ґрунту, кг;  $B$  – внесено елемента живлення з добривами, кг/га;  $C$  – внесено елемента живлення з урожаєм, кг/га;  $D$  – кінцевий вміст елемента живлення в ґрунті за даними аналізу, мг/100 (1000) г ґрунту;  $E$  – початковий вміст елемента живлення в ґрунті за даними аналізу, мг/100 (1000) г ґрунту.

Дослідження показали, що для зміщення вмісту елемента живлення на 1 мг в 100 г ґрунту треба затратити, залежно від генотипу та гранулометричного складу, від 50 до 120 кг/га елемента живлення добрива.

Визначення потреби в мінеральних добривах за нормативами затрат. *Нормативи затрат* – це кількість кілограмів елемента живлення мінеральних добрив, яку треба витратити для вирощування 1 т врожаю чи для одержання 1 т приросту врожаю високої якості.

Нормативи розробляють для районованих і перспективних сортів сільськогосподарських культур, для основних типів і підтипів ґрунтів природно-кліматичних зон. Нормативи розробляють, використовуючи необхідний експериментальний матеріал короткотермінових і тривалих польових дослідів за дією зростаючих норм мінеральних добрив на врожайність і якість продукції.

Таблиця 45. Визначення нормативів затрат мінеральних добрив в умовах чорноземів опідзолених і темно-сірих лісових середньосуглинкового гранулометричного складу Лісостепу України

Рівень норм добрив	Норма мінерального добрива, кг/га				Урожайність від внесених на 1 га NPK, ц/га	Приріст урожаю від внесення NPK, ц/га	Затрати мінеральних добрив на 1 т продукції, кг							Приріст урожайності на 1 кг NPK, кг	
	всього	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			урожайності, в тому числі				приросту урожайності, в тому числі				
							всього	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	всього	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O
Кукурудза на зерно															
1	175	60	57	58	46,0	7,0	38	13	12	13	250	86	81	83	4,0
2	257	85	84	88	47,5	8,5	54	18	18	18	302	100	99	103	3,3
Оптимальний	257	85	84	88	47,5	8,5	54	18	18	18	302	100	99	103	3,3
Озима пшениця															
1	169	59	56	54	40,8	7,6	42	15	14	13	222	77	74	71	4,5
2	219	87	74	58	42,5	9,3	51	20	17	14	234	93	79	62	4,2
3	271	109	97	65	42,6	9,4	64	26	23	15	288	116	103	69	3,4
Оптимальний	219	87	74	58	42,5	9,3	51	20	17	14	234	93	79	62	4,2
Цукрові буряки															
1	360	119	116	125	366	111,0	9,8	3,2	3,2	3,4	32,4	10,7	10,4	11,3	30,8
2	466	152	147	167	404	149,0	11,5	3,8	3,8	4,1	31,3	10,2	9,9	11,2	32,0
3	580	192	184	204	410	155,0	14,1	4,7	4,5	4,9	37,4	12,4	11,9	13,1	26,7
Оптимальний	466	152	147	167	404	149,0	11,5	3,8	3,6	4,1	31,3	10,2	9,9	11,2	32,0

У сільськогосподарській науці і практиці використовують нормативи затрат, як правило, для визначення потреби в мінеральних добривах та їх ефективності. Нормативи затрат визначають окремо для азотних, фосфорних і калійних добрив (табл. 45).

Протилежною величиною до нормативів затрат на вирощування 1 т приросту врожаю є нормативи приросту врожаю на 1 кг елемента живлення мінеральних добрив. Часто нормативи приросту врожаю виражають в одиницях маси основної продукції на відповідну одиницю маси суми головних елементів живлення. По суті, це нормативи оплати одиниці маси головних елементів живлення добрив (в сумі) основною продукцією сільськогосподарських культур.

Нормативи затрат непостійні, вони змінюються зі зміною ефективної родючості ґрунту. Тому відповідні агрохімічні служби періодично, як правило, один раз на 5–10 років оновлюють їх значення за результатами польових дослідів з добривами.

Потребу в добривах за нормативами затрат визначають дуже просто. Наприклад, господарство знаходиться у Васильківському районі Київської області, де переважаючими ґрунтами є чорноземи опідзолені середньосуглинкові та темно-сірі лісові середньосуглинкові. Необхідно визначити потребу в добривах для вирощування на площі 200 га врожаю зерна кукурудзи 70 ц/га.

Для даних ґрунтово-кліматичних умов знаходимо в таблиці нормативи затрат на вирощування 1 т зерна кукурудзи. Це 18 кг азоту, 18 кг фосфору і 18 кг калію. Множимо 7 · 18 кг N; 7 · 18 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 7 · 18 K<sub>2</sub>O та отримуємо 126 кг N, 126 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 126 кг K<sub>2</sub>O, які слід внести з мінеральними добривами, щоб забезпечити формування врожайності зерна кукурудзи 70 ц/га. Для вирощування валового врожаю 1400 т на площі 200 га треба заготовити і внести по 252 ц азоту, фосфору і калію, мінеральних добрив.

## 7.2. Балансово-розрахункові методи встановлення норм добрив

Незважаючи на великі затрати засобів і часу, методи встановлення норм добрив за результатами польових дослідів є неточними. По-перше, під час визначення оптимальних норм і співвідношень добрив закладають досліди з великою кількістю варіантів; при цьому неминуче виявляється неоднорідність родючості ґрунтів. По-друге, поправкові коефіцієнти мають загальний характер, оскільки вони експериментально обґрунтовані не повністю. По-третє, у зв'язку з постійною сортозміною, впровадженням нових технологій і внесенням нових форм

добрих розвиток польового досліду здійснюється повільніше, ніж виробництва, тому рекомендації швидко «старіють» і мають певною мірою орієнтовний характер. Деякі похибки виникають і під час планування врожайності від використання добрив, оскільки метод рекомендацій не вказує однозначно на конкретну величину врожаю чи приросту врожайності.

Тому почали шукати більш точні та оперативні методи встановлення норм добрив. Так, виникли балансово-розрахункові методи, які стали популярними в 70–80-ті роки минулого століття, хоча вони були відомі ще в 40-х роках. Користуючись ними, П. А. Власюк, В. С. Денисьєвський, І. І. Канівець, І. Л. Колоша та інші вчені встановлювали норми добрив для цукрових буряків наперед заданої підвищеної та високої врожайності. Нині є велика кількість різних модифікацій балансово-розрахункових методів. Їх можна об'єднати в дві групи: розрахунок норм добрив за запасами поживних речовин у ґрунті (або розрахунок норм добрив на заплановану врожайність) і розрахунок норм добрив на приріст урожайності.

**Розрахунок норм добрив за запасами поживних речовин у ґрунті.** Суть даного методу полягає в тому, що норму добрив визначають за різницею між виносом поживних речовин із запланованою врожайністю та їх запасом в орному шарі ґрунту. При цьому враховують коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту і добрив:

$$H = \frac{B \cdot Y - C \cdot d \cdot h \cdot K_r}{K_d},$$

де  $H$  – норма поживної речовини, яку треба внести для вирощування запланованої врожайності, кг/га;  $B$  – господарський винос поживної речовини 1 т урожаю, кг;  $Y$  – урожайність, т/га;  $C$  – вміст поживної речовини в ґрунті, мг/100 г;  $d$  – щільність складення ґрунту, г/см<sup>3</sup>;  $h$  – товщина шару ґрунту, см;  $K_r$ ,  $K_d$  – відповідно коефіцієнти використання сільськогосподарською культурою поживних речовин з ґрунту і добрив, частка одиниці.

**Розрахунок норм добрив на приріст урожайності.** Балансово-розрахунковий метод визначення норм добрив на приріст врожайності відрізняється від методу розрахунку на заплановану врожайність тим, що ефективна родючість ґрунту враховується не як запас рухомих поживних речовин, а як готова продукція, зокрема фактична середня врожайність цієї культури, вирощена за останні 3–5 років на даному полі. При цьому обов'язково враховують фактичну кількість добрив, що вносились для вирощування фактичної середньої врожайності.

Схематично розрахунок норм добрив на приріст урожайності має такий вигляд:

$$H_n = H_\phi + \frac{(Y_n - Y_\phi) \cdot B}{K_d},$$

де  $H_n$ ,  $H_\phi$  – відповідно пошукова і фактична середня норма поживної речовини під сільськогосподарську культуру, кг/га;  $Y_n$ ,  $Y_\phi$  – відповідно запланована і середня фактична врожайність сільськогосподарської культури, т/га;  $B$  – винос поживної речовини 1 т господарської врожайності даної культури, кг;  $K_d$  – коефіцієнт використання сільськогосподарською культурою поживної речовини з добрива, частка одиниці.

Нині в науці і практиці існує багато модифікацій балансово-розрахункових методів – І. С. Шатилова, М. К. Каюмова, К. К. Афендулова, С. М. Кравченка та ін. Деякі автори конкретизували балансово-розрахункові методи, розклавши кожен із них на ряд послідовних математичних дій. Інколи ці дії записують у вигляді таблиці, яку сучасною мовою можна назвати алгоритмом розв'язку задачі.

І. С. Шатилов і М. К. Каюмов запропонували використовувати коефіцієнти ефективної родючості ґрунту, що значно спростило балансово-розрахункові методи. Коефіцієнти ефективної родючості ґрунту – це розрахункова величина врожайності (ц/га), вирощування якої забезпечує один міліграм рухомого елемента живлення ґрунту при заданому рівні його використання культурою. Ці самі автори ввели поняття і значення коефіцієнта розрахунку норм добрив – розрахункової фізичної маси мінерального добрива, кг/га, яка забезпечує вирощування 1 ц урожаю відповідної культури при заданому рівні використання елемента живлення з добрив. Як правило, для використання цієї модифікації треба мати відповідну інформацію або ж попередньо самому її підготувати. Наводимо зразок оформлення такої інформації для озимої пшениці.

Господарський винос азоту 1 ц зерна озимої пшениці становить 3,2 кг, а коефіцієнт використання азоту з ґрунту озимою пшеницею такий, %: за високого вмісту – 20, за середнього – 20, за низького – 25. Тоді коефіцієнт ефективної родючості ґрунту, виражений урожаєм зерна озимої пшениці, дорівнюватиме: 1,84 ц/га від 1 мг азоту ґрунту за високого вмісту ( $1 \cdot 30 \cdot 0,2 : 3,2$ ); 2,03 ц/га – за середнього ( $1 \cdot 30 \cdot 0,22 : 3,2$ ) і 2,31 ц/га – за низького вмісту легкогідролізованого азоту в 100 г ґрунту ( $30 \cdot 0,25 : 3,2$ ). У цих розрахунках 30 – це число для перерахунку 1 мг в 100 г ґрунту на кілограми гектарної площі (25 см – орний шар ґрунту, помножений на 1,2 г/см<sup>3</sup>); щільність складення ґрунту – 30; 0,20; 0,22; 0,25 – відповідно коефіцієнти

використання азоту з ґрунту озимою пшеницею за високого, середнього і низького вмісту; 3,2 – винос азоту 1 ц зерна з відповідною кількістю соломки і половини, кг.

Аналогічно встановлюють значення коефіцієнтів розрахунку норм добрив для вирощування 1 ц/га основної продукції культури. Наприклад, у разі внесення під озиму пшеницю аміачної селітри з вмістом 34 % азоту і коефіцієнтом використання азоту з неї озимою пшеницею 60 % коефіцієнт розрахунку норми аміачної селітри на 1 ц/га зерна становитиме  $15,9 \text{ кг} ((100 \cdot 100 \cdot 3,2) : (60 \cdot 34))$ .

С. М. Кравченко модифікував балансово-розрахунковий метод за запасами поживних речовин у ґрунті. Запропонована формула для розрахунку норми добрив стала основою розробленої ним і В. В. Куликовим відповідної програми для ПЕОМ:

$$H = \frac{(100 \cdot Y \cdot B - C_r \cdot d \cdot h \cdot K_r - 10 \cdot O_k \cdot C \cdot K_{o,d} - 10 \cdot O_n \cdot C_n \cdot K_{o,n} - H_n \cdot K_{m,n}) \cdot K_c}{K_d},$$

де  $H$ ,  $H_n$  – відповідно норми поживної речовини добрива під дану культуру та її попередник, кг/га;  $Y$  – запланована врожайність культури, т/га;  $B$  – винос поживної речовини 1 т господарської врожайності даної культури, кг;  $C_r$  – вміст поживної речовини в 100 г ґрунту, мг;  $d$  – щільність складення ґрунту, г/см<sup>3</sup>;  $h$  – шар ґрунту (як правило, це глибина орного шару), см;  $O_k$ ,  $O_n$  – відповідно норми органічного добрива, внесені під дану культуру та її попередник, т/га;  $C_k$ ,  $C_n$  – відповідно вміст поживної речовини органічного добрива, внесеного під культуру та її попередник, кг/ц (%);  $K_r$ ,  $K_{o,d}$ ,  $K_{o,n}$ ,  $K_{m,n}$ ,  $K_d$  – коефіцієнти використання даною культурою поживної речовини відповідно з ґрунту, органічного добрива, що планується під дану культуру, органічного добрива, внесеного під попередник, мінерального добрива, внесеного під попередник, мінерального добрива, що буде вноситись під дану культуру, %;  $K_c$  – коефіцієнт сприятливості попередника (коливається від 0,5 до 1,5 і встановлюється науково-дослідними установами); 100 і 10 – коефіцієнти переседення одиниць виміру до однієї системи.

Визначення норм добрив з використанням нормативів балансу поживних речовин за сівозміну. Цей метод можна вважати різновидом балансово-розрахункового, оскільки основою його є врахування виносу поживних речовин сільськогосподарськими культурами сівозміни та його повернення за допомогою добрив.

Метод передбачає, що для підтримання в ґрунті попереднього рівня азотного, фосфорного та калійного живлення рослин необхідно забезпечити 100 %-не повернення виносу врожаєм фосфору та калію і 120–130 %-не повернення азоту. За низько-

го рівня вмісту фосфору і калію треба не тільки зберегти попередній рівень родючості, а й підвищити його. Для досягнення цієї мети слід забезпечити 170–200 %-не повернення фосфору і 130–150 %-не повернення калію.

Особливість цього методу полягає в тому, що в ньому не враховуються коефіцієнти використання рослинами поживних речовин з ґрунту та добрив і за його допомогою можна активно і цілеспрямовано регулювати родючість ґрунту. Метод передбачає врахування розподілу поживних речовин добрив і азоту поживно-коренових решток бобових культур на три роки. За цей період витрати поживних речовин прийнято виражати за 100 %, а за кожен окремий з цих років – відповідними складовими даної суми.

Розглядаючи перспективу балансово-розрахункових методів, слід зазначити, що вони не повністю задовольняють вимоги науки і практики насамперед через те, що мають однакову витрату поживних речовин ґрунту і добрив на створення одиниці маси врожайності за різних її рівнів. Насправді має місце зростання витрат поживних речовин на кожен наступний центнер приросту врожайності.

Крім того, під час розрахунку норм добрив цими методами неможливо з достатньою точністю передбачити фактичні коефіцієнти використання поживних речовин ґрунту і добрив. Деяка ступінчаста диференціація коефіцієнтів використання від зовнішніх умов, зокрема від рівня вмісту поживних речовин у ґрунті, не усуває цей недолік. По-перше, тому, що насправді має місце плавне зниження виходу продукції в розрахунку на 1 мг поживної речовини з урахуванням рівня вмісту її в ґрунті (рис. 2). По-друге, тому, що використання поживних речовин добрив і ґрунту значною мірою зумовлюється зволоженням та температурою ґрунту, яку протягом вегетації практично передбачити не можна.

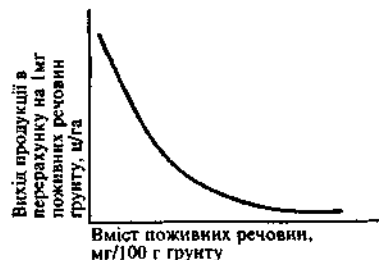


Рис. 2. Вихід продукції залежно від вмісту поживних речовин у ґрунті

### 7.3. Комплексні методи визначення норм добрив

Встановлення норм добрив з урахуванням бонітету ґрунту і окупності добрив урожайністю сільськогосподарських культур. Метод є одним з прикладів комплексного підходу під час встановлення норм добрив. Використовується він у господарствах, де проведено якісну оцінку земель.

Нині відомо кілька різновидів даного комплексного підходу, проте суть їх зводиться переважно до того, що спочатку визначають ефективну родючість ґрунту множенням середньозваженого бала землі поля на ціну бала, виражену врожайністю даної культури. *Ціна бала ґрунту* – це таблична інформація (табл. 46). Її розраховують діленням середньої багаторічної врожайності, вирощеної на неудоброму фоні, на середньозважений бонітет землі поля в балах. Потім визначають ту частину врожайності, яку треба отримати за рахунок добрив.

Ураховуючи норму внесення гною під дану культуру та його окупність врожайністю (табл. 47), вираховують приріст, який необхідно забезпечити в результаті внесення мінеральних добрив. Надалі співвідношення та кількість окремих видів мінеральних добрив визначають одним із раніше розглянутих методів, проте найчастіше його проводять за окупністю мінеральних добрив урожайністю (табл. 48).

Оцінюючи можливості методу для практичного використання з метою встановлення норм добрив за бонітетом і окупніс-

Таблиця 46. Середня ціна бала ріллі Київської області для основних сільськогосподарських культур (А. І. Сірий)

Культура	Ціна одного бала ґрунту, кг		
	продукція культури	зернові одиниці	кормові одиниці
Озима пшениця	46,7	46,7	56,0
Цукрові буряки	335,9	87,8	87,3
Картопля	246,5	66,1	79,4
Льон-довгунець			
волокно	12,8	49,3	–
насіння	7,6	12,5	–
Кукурудза			
на зерно	41,8	41,8	56,0
на силос, зелений корм	334,1	56,8	66,8
Ячмінь	43,7	43,7	52,9
Озиме жито	29,8	29,8	35,2
Горох	39,3	–	45,9
Гречка	20,8	–	–
Просо	34,1	–	–
Багаторічні трави			
на сіно	53,7	26,9	27,9
на зелений корм, сінаж	356,3	54,0	74,8
Однорічні трави			
на сіно	52,0	20,8	24,4
на зелений корм, сінаж	264,5	23,5	42,3

Таблиця 47. Окупність і т/гною врожайністю сільськогосподарських культур, кг

Культура	Підстилковий гній (норма 20–40 т/га)		Безпідстилковий гній, т/га			
	Полісся	Лісостеп і Степ	40	60	80	100
Озима пшениця	25	15	13	13	12	11
Цукрові буряки	396	265	85	96	88	69
Картопля	328	176	96	76	68	48
Кукурудза						
на зерно	25	23	14	14	13	13
на силос	376	205	118	82	71	65

Таблиця 48. Окупність мінеральних добрив урожайністю сільськогосподарських культур (середні дані по Україні)

Культура	Норма мінеральних добрив, кг/га			Урожайність, ц/га	Приріст урожайності, ц/га	Окупність 1 кг NPK приростом урожайності, кг
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
Зернові і зернобобові	65	63	46	33,6	7,7	4,43
Озимі зернові	75	69	50	34,7	8,3	4,28
Ярі зернові	62	60	43	31,5	7,7	4,67
Кукурудза на зерно	88	84	72	43,0	9,1	3,73
на зерно (при зрошенні)	148	98	18	77,8	23,2	8,79
Льон-довгунець (волокно)	45	75	79	7,9	2,1	1,06
Цукрові буряки	157	150	173	397	108	22,5
Соняшники	55	66	44	21,3	3,1	1,88
Картопля	81	74	87	199	57	23,55
Картопля (при зрошенні)	130	101	82	222	62	19,81
Овочі	112	112	76	528	145	48,33
Кукурудза на силос	77	72	65	299	64	29,9
на силос (при зрошенні)	131	98	10	577	126	52,7
Кормові коренеплоди	148	104	120	618	207	55,6
Культурні пасовища	216	57	74	84,9	53,1	15,3
Сінокоси (при зрошенні)	235	94	77	112,1	47,7	11,7



Рис. 3. Витрата поживних речовин на створення 1 ц приросту врожаю у разі зростання врожайності від застосування добрив

приросту врожайності різних її рівнів. Насправді відбувається послідовне збільшення витрат поживних речовин на створення збільшення приросту врожаю (рис. 3).

#### 7.4. Економіко-математичні (емпірико-статистичні) методи встановлення норм добрив

На початку XX ст. професор Кенігсберзького університету Е. Мітчерліх (1907, 1921, 1927), математично обробивши дані Вольфа (1870) з вивчення дії азоту у водних культурах, запропонував формулу залежності врожаю від факторів росту:

$$\log(A - y) = \log F - CX,$$

де  $A$  – максимально можлива врожайність у даних умовах, ц/га;  $y$  – урожайність після внесення норми добрив, ц/га;  $X$  – норма добрив, кг/га;  $C$  – коефіцієнт пропорційності, що показує залежність врожаю від кількості поживних речовин, доступних рослині.

Це була перша спроба створення кількісної моделі врожаю як функції окремих факторів. Для використання цієї формули у виробничих умовах треба мати дані польового дослідження, де було б як мінімум два варіанти: без внесення добрив та з внесенням будь-якої норми добрива. Проте формула має лише приблизне значення, оскільки охоплює процес формування врожаю схематично й однобічно.

Для дії азоту у водних культурах, де всі фактори штучно регулювались, Е. Мітчерліх вивів таку формулу функціональної залежності врожаю від кількості азоту:

$$\log(27 - y) = \log(27 - 2,45)(x + 0,0236).$$

Перерахувавши за цією формулою врожайність, він отримав дані, майже ідентичні фактично вирощений урожайності. Це був унікальний випадок. При спробі отримати аналогічний

тюдобрив, слід враховувати також і його недоліки. По-перше, це відсутність диференційованих (для великої різноманітності ґрунтів) достатньо точних показників окупності бала ґрунту врожайністю сільськогосподарських культур. По-друге, під час визначення норм добрив цим методом, як і в балансово-розрахункових методах, ураховується однакова витрата поживних речовин добрив на створення

збіг за результатами інших вегетаційних дослідів, не кажучи про польові, подібних результатів одержати не вдалося. В подальшому висновок Мітчерліха про постійність «коефіцієнта дії добрив» було піддано критичному аналізу та пересмисленню.

Бурхливий прогрес обчислювальної техніки сприяв розвитку та поглибленню методів встановлення норм добрив, початок яким поклав Е. Мітчерліх. Тепер ці методи прийнято називати економіко-математичними або емпірико-статистичними. Суть їх полягає в тому, що норми добрив визначають за рівнянням множинних регресій, одержаних під час математичної обробки місцевого виробничо-статистичного матеріалу чи результатів польового багатофакторного дослідження. При цьому можуть оброблятися показники родючості ґрунту (вміст поживних речовин, реакція середовища, запас продуктивної вологи тощо), агротехніки (глибина оранки, норма поливу, норма добрив та ін.), погодно-кліматичних умов (надходження ФАР, опади, температура та ін.), які, на думку авторів, є аргументами величини врожайності.

Математична обробка початково-вхідної інформації здійснюється за допомогою ЕОМ за такою схемою: обробка початково-вхідної інформації методом машинної регресії, створення концептуальної та функціональних моделей, розробка алгоритму та програми розрахунку.

Об'єктивність одержуваних результатів визначається як відповідністю математичних моделей реальним процесам, так і точністю початково-вхідної інформації. Проте такі методи є локальними, оскільки вони обмежені в часі та просторі. Це означає, що дані методи можна використати лише для тих умов, на основі яких вони створені. З часом функції таких моделей слід коригувати, тому що змінюються в кількісному відношенні параметри показників зовнішнього середовища, а отже, і функціональна залежність урожайності. Крім того, статистичні виробничі функції придатні, як правило, для аналізу фактичної ефективності добрив за середнього значення тих факторів, які входять у модель.

П. О. Мосіюк (1986) розробив і запропонував метод встановлення норм добрив, який ґрунтується на використанні кількісно оцінених закономірностей (функцій) зміни врожайності від рівня вмісту поживних речовин у ґрунті і норми внесення їх з добривами. Функціональні залежності одержано в результаті спеціальної математичної обробки експериментальних даних, масової інформації державної агрохімічної служби, а також виробничо-статистичних даних сільськогосподарських підприємств. Існує багато інших аналогічних методів.

1. Назвіть існуючі методи встановлення норм добрив.
2. У чому полягає метод встановлення норм добрив за рекомендаціями з урахуванням картограм?
3. Як визначити нормативи затрат добрив для вирощування 1 т врожаю чи приросту врожаю?
4. Як встановити потребу в мінеральних добривах за нормативами затрат?
5. Які показники родючості ґрунту та мінерального живлення рослин використовують у балансово-розрахункових методах?
6. Назвіть недоліки встановлення норм добрив за рекомендаціями.
7. Назвіть недоліки та розкрийте їх суть у балансово-розрахункових методах.
8. У чому полягає суть методу встановлення норм добрив за бонітетом ґрунту?
9. Суть економіко-математичних методів встановлення норм добрив.
10. Чому економіко-математичні методи (їх моделі) називають локальними?

## ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ І УДОБРЕННЯ ОСНОВНИХ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР

### 8.1. Живлення і удобрення озимої пшениці

Озима пшениця – головна зернова продовольча культура в Україні. Вона дає стійкі врожаї в основних районах вирощування і характеризується високою чутливістю до внесення добрив.

Особливості росту і розвитку рослин озимої пшениці та засвоєння поживних речовин зумовлюють її високі вимоги до родючості ґрунту. Тому озима пшениця може давати високі врожаї тільки на високородючих ґрунтах або у разі внесення достатньої кількості органічних і мінеральних добрив. Найкращими для її вирощування є чорноземи, темно-каштанові, темно-сірі та сірі лісові ґрунти, добре забезпечені вологою і поживними речовинами. Легкі піщані й супіщані ґрунти, а також кислі підзолисті ґрунти для вирощування озимої пшениці малопридатні. На цих ґрунтах високі врожаї озимої пшениці можна одержати лише після внесення достатньої кількості органічних і мінеральних добрив та вапнування.

На розвиток рослин озимої пшениці значно впливає реакція ґрунтового розчину. Найкраще коренева система пшениці розвивається при реакції ґрунтового розчину  $\text{pH} = 6,5 \dots 7,5$ . При цьому відношення рослин озимої пшениці до реакції ґрунтового розчину змінюється з віком: молоді рослини більш чутливі до кислої реакції середовища, а з віком чутливість їх знижується.

Озима пшениця дуже вибаглива до умов живлення. Це пояснюється тим, що її коренева система характеризується невисокою здатністю засвоювати поживні речовини з важкорозчинних сполук у ґрунті. Винос елементів живлення озимою пшеницею залежить від багатьох факторів зовнішнього середовища, насамперед – від її врожайності та внесення добрив. Так, високоврожайні сорти озимої пшениці відрізняються підвищеною вибагливістю до забезпечення мінеральними речовинами, особливо азотом. Як показали дослідження авторів (табл. 49), за врожайності 69–83 ц/га зерна та відповідній кількості соломи озима пшениця сорту Миронівська 61 виносить, кг/га: азоту – 196–221, фосфору – 84–103, калію – 108–132. Після внесення добрив зростає врожай зерна і значно збільшується ємність виносу головних елементів живлення, тоді як витрати їх на



Таблиця 49. Вплив добрив на вилос азоту, фосфору і калію з урожаєм озимі пшениці

Варіант досліду	Урожай-ність, ц/га	Вилос, кг/га			Смилість вилосу, кг/га
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Контроль	52,5	132,5	53,9	80,9	267,3
20 т/га гною	69,4	196,1	83,7	108,4	388,2
20 т/га гною + N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	82,8	220,7	102,5	131,7	454,9
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	75,0	209,2	94,8	120,1	424,1

Продовження табл. 49

Варіант досліду	Вилос, % від смилості вилосу			Вилос, кг на 1 т зерна		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	49,6	20,2	30,3	25,2	10,3	15,4
20 т/га гною	50,5	21,6	27,9	28,3	12,1	15,6
20 т/га гною + N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	48,5	22,5	29,0	26,6	12,4	15,9
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	49,3	22,4	28,3	27,9	12,6	16,0

формування одиниці врожаю коливаються в незначних межах. У зерні озимі пшениці міститься більше азоту і менше фосфору та калію, а в соломі, навпаки, більше калію та значно менше азоту і фосфору. Чим вищий урожай озимі пшениці, тим більший вилос поживних речовин.

Багаторічні дослідження автора показали, що переважну кількість головних елементів живлення озима пшениця поглинає в досить стислі строки (табл. 50). Азот і фосфор у рослини найінтенсивніше надходять від фази весняного кушіння до початку колосіння, коли відбувається інтенсивний ріст вегетативних органів і формується колос. До фази колосіння залежно від умов живлення озима пшениця поглинає 75–78 % азоту, 73–76 % фосфору від максимальної кількості. Другий максимум у поглинанні азоту і фосфору спостерігається у період наливання зерна. Надходження калію в рослини озимі пшениці найінтенсивніше відбувається в перший період її вегетації. До фази колосіння надходить 83–95 % загальної кількості калію. Особливо енергійно калій поглинається рослинами у період від фази весняного кушіння до фази колосіння. З ранніх фаз росту та розвитку озимі пшениці й до фази колосіння темп поглинання головних елементів живлення значно випереджає темп приросту сухої речовини. Приріст сухої речовини і надходження поживних речовин вирівнюються до фази молочної стиглості зерна пшениці.

У живленні озимі пшениці виділяють два відповідальних періоди, коли споживається порівняно невелика кількість еле-

Таблиця 50. Нагромадження сухої речовини і надходження елементів живлення в рослини озимі пшениці, % від максимальної кількості

Варіант досліду	Показник	Фаза росту і розвитку					
		весняне кушіння	вихід у трубку	колосіння	цвітіння	молочна стиглість	воскова стиглість
Контроль	N	23,1	35,4	76,9	85,7	91,7	100,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	18,7	45,8	72,8	76,9	84,6	100,0
	K <sub>2</sub> O	27,1	47,9	89,9	100,0	92,1	73,8
	Суша речовина	8,37	20,5	60,2	61,4	80,1	100,0
20 т/га гною	N	24,6	34,5	75,2	78,9	90,9	100,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20,6	42,4	73,6	77,4	79,9	100,0
	K <sub>2</sub> O	29,2	63,2	89,8	100,0	96,2	80,9
	Суша речовина	8,12	23,1	64,2	66,9	75,6	100,0
20 т/га гною + N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	N	25,1	42,1	76,6	76,9	90,2	100,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20,1	46,0	75,8	81,8	85,6	100,0
	K <sub>2</sub> O	26,6	68,4	94,7	100,0	94,7	85,7
	Суша речовина	8,50	22,9	62,9	64,7	78,2	100,0
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	N	23,7	45,4	77,6	79,8	89,7	100,0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19,7	42,0	73,3	75,5	80,1	100,0
	K <sub>2</sub> O	27,8	57,6	82,9	100,0	91,4	84,1
	Суша речовина	8,22	24,0	64,8	67,1	77,4	100,0

ментів живлення, але нестача їх негативно впливає на формування майбутнього врожаю. Перший період спостерігається від появи сходів до початку перезимівлі рослин, другий період – від відновлення росту і до початку виходу рослин у трубку.

У перший осінній період рослини озимі пшениці споживають відносно невелику кількість елементів живлення, але дуже чутливі до їх нестачі, особливо фосфору. В цей період для доброго росту та перезимівлі рослини мають бути забезпечені помірним азотним живленням і підвищеним фосфорно-калійним. Достатнє фосфорне живлення підсилює розвиток кореневої системи, підвищує енергію кушіння, збільшує синтез вуглеводів у листках і вузлах кушіння, сприяє кращому поглинанню азоту. Це створює сприятливі умови для нормального розвитку рослин, підвищує їх стійкість проти низьких температур у зимовий період. Достатнє калійне живлення сприяє нагрома-

дження в рослинах вуглеводів, підтримує оптимальний водний баланс, підвищує стійкість рослин проти різних захворювань. Помірне азотне живлення дає змогу нормально розвиватися рослинам і створює умови для кращого їх кушіння. При надлишку азоту в цей період зменшується нагромадження вуглеводів у рослинах, погіршуються умови їх перезимівлі, знижується розвиток механічної тканини, рослини витягуються і вилягають, знижується стійкість рослин проти різних захворювань.

У другий (ранньовесняний) період рослини озимої пшениці найчутливіші до азотного живлення. Навесні озима пшениця рано відновлює свій ріст і потребує посиленого живлення азотом. У ґрунті в цей час мінеральних сполук азоту дуже мало, оскільки процеси мобілізації азоту ґрунту внаслідок низьких температур протікають повільно, а нітрати постійно вимиваються з кореневмісного шару ґрунту з опадами протягом зими і ранньої весни. У таких умовах часто без додаткового внесення азоту рослини погано ростуть і слабо відбувається їх кушіння. У період весняного кушіння – початку виходу рослин у трубку меристема верхівкових точок росту стебел рослин диференціює нові колоски, а наприкінці фази виходу рослин у трубку ці властивості втрачає. Після цього періоду кількість колосків у колосі вже не збільшується. Тому за нестачі азоту диференціація колоса передчасно закінчується, він короткий, з невеликою кількістю колосків, зерно формується шуплим. Отже, нестача азоту в цей період росту та розвитку рослин озимої пшениці призводить до значного зниження її врожаю, яке вже не можна компенсувати наступним його внесенням.

Якість урожаю озимої пшениці формується у період наливання зерна. Дослідження автора показали (табл. 51), що білок у зерні пшениці нагромаджується за рахунок надходження азоту як з ґрунту (30–40 %), так і з вегетативної маси (60–70 %). Абсолютні показники нагромадження азоту в зерні за рахунок різних джерел залежать від багатьох факторів зовнішнього середовища, особливо від умов живлення та наявності в ґрунті вологи. Нестача азоту в ранньовесняний період призводить до зниження врожаю, а нестача його в період наливання зерна – до зниження якості зерна внаслідок малого нагромадження білка.

Система удобрення озимої пшениці складається з трьох ланок: основного і припосівного внесення добрив та підживлення.

Удобрення озимої пшениці залежить від попередника, ґрунтово-кліматичних умов, її сортових особливостей, технології вирощування тощо. Основне удобрення, його дози та співвідношення поживних речовин переважно залежать від попередника, який зумовлює не тільки поживний режим, а й значною мірою

Таблиця 51. Джерела нагромадження азоту в зерні озимої пшениці в період його наливання

Варіант досліджу	Органи рослини	Загальний вміст азоту, г/100 сухих рослин		Перерозподіл між органами, г/100 сухих рослин	Надійшло азоту в зерно, % від загального вмісту
		Колосіння	Воскова стиглість		
Контроль	Зерно	–	4,95	+4,95	100
	Листки	1,31	0,81	–0,50	10,1
	Стебла	2,63	1,53	–1,10	22,2
	Колос	1,21	0,48	–0,73	14,8
	Корені – ґрунт	–	–	–	–
20 т/га гною	Зерно	–	6,88	+6,88	100
	Листки	2,03	0,94	–1,09	15,8
	Стебла	5,67	2,93	–2,74	39,9
	Колос	1,57	0,58	–0,99	14,4
	Корені – ґрунт	–	–	+2,06	29,9
20 т/га гною + N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	Зерно	–	8,27	+8,27	100
	Листки	2,30	0,83	–1,47	17,8
	Стебла	6,75	2,98	–3,77	45,6
	Колос	1,59	0,57	–1,02	12,3
	Корені – ґрунт	–	–	+2,01	24,3
N <sub>60</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	Зерно	–	7,28	+7,28	100
	Листки	2,05	0,60	–1,45	19,9
	Стебла	4,15	1,61	–2,54	34,9
	Колос	1,50	0,53	–0,97	13,3
	Корені – ґрунт	–	–	+2,32	31,9

режим вологості ґрунту. Це істотно впливає на розвиток рослин восени, їх перезимівлю та врожайність. На Поліссі озиму пшеницю сіють після конюшини, кукурудзи на силос, зайнятого пару, однорічних трав, ранньої картоплі; у Лісостепу – після конюшини, люцерни, однорічних трав, зернобобових культур, кукурудзи на силос; у Степу – після чистого або зайнятого пару, однорічних трав, гороху та інших попередників.

Озима пшениця добре реагує на безпосереднє внесення органічних добрив. У зоні Полісся у разі розміщення озимої пшениці після ранньої картоплі або кукурудзи гній треба вносити під попередник. Якщо озиму пшеницю вирощують після культур, які збирають порівняно рано та які менш вибагливі до внесення гною, то його вносять безпосередньо під озиму пшеницю після збирання попередника. Безпосередньо під озиму пше-

ницію гній вносять після льону, гороху, однорічних трав. Оптимальна норма органічних добрив – 25–30 т/га. Після внесення такої норми спостерігається найбільш висока окупність приросту врожаю 1 т гною. З підвищенням норми гною врожай збільшується, однак окупність 1 т гною зменшується. Крім гною під озиму пшеницю можна вносити торфогнойові компости, виготовлені у співвідношенні 1:1, які мають таку саму ефективність, як і гній.

У зоні Лісостепу безпосередньо під озиму пшеницю органічні добрива вносять після гороху, зайнятого пару, під озиму пшеницю, яка є попередником цукрових буряків, але розміщується не після багаторічних трав. Оптимальна норма гною – 20–25 т/га, але її можна збільшувати до 30 т/га.

Під час вирощування озимої пшениці у зоні Степу в умовах недостатнього зволоження гній вносять переважно на полях з чорними та зайнятими парами, під просапні культури (кукурудза на силос), де озима пшениця використовує його післядію. Це пояснюється більш високим вмістом у ґрунті вологі порівняно з іншими полями та кращими умовами для його мінералізації. Дія гною поступово підвищується в напрямку зі сходу на захід та з півдня на північ. У північних більш зволжених районах в ланці пар – озимі – озимі органічні добрива вносять під другу озиму пшеницю. Оптимальна норма гною – 20–25 т/га. Внесення більш високих норм гною знижує стійкість рослин проти несприятливих умов вирощування.

Озима пшениця добре реагує на внесення мінеральних добрив. Річні норми мінеральних добрив залежно від ґрунтово-кліматичних умов, урожайності, що планується, норми гною та попередника змінюються в широких межах (табл. 52). Оптимальним співвідношенням поживних речовин у добривах для озимої пшениці під час вирощування на опідзолених ґрунтах є  $N : P : K = 1,5 \dots 1,2 : 1 : 1$  або  $2 : 1,5 : 1$ , на чорноземах Степу –  $1 : 1,2 \dots 1,3 : 1$  або  $1 : 1,2 \dots 1,3 : 0$ , а при внесенні фосфору та калію –  $1,2 \dots 1,5 : 1$ .

В умовах Полісся під час вирощування озимої пшениці на дерново-підзолистих, сірих та світло-сірих лісових, піщаних і супіщаних ґрунтах за середньої забезпеченості рослин азотом, фосфором і калієм для звичайних сортів рекомендується вносити по 40–60, а для інтенсивних сортів – по 60–90 кг/га NPK. У сівозмінах цієї зони до сівби треба вносити повне мінеральне добриво.

Якщо період між оранкою та сівбою більший, то фосфорно-калійні добрива вносять під оранку, а азотні – під передпосівну культивування. У разі вирощування озимої пшениці після конюшини та люпину, а також при внесенні гною безпосередньо під озимі загальна норма азоту не повинна перевищувати 30–40 кг/га і його краще вносити для підживлення. При безплуж-

Таблиця 52. Рекомендовані норми мінеральних добрив під озиму пшеницю

Ґрунт	Норма добрив, кг/га			Примітка
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Полісся				
Дерново-середньопідзолистий, сірий, лісовий	80–100	60	60	
Правобережний Лісостеп (для врожаю 45–50 ц/га) Достатнє зволоження				
Сірий лісовий	100	90–100	100	Після чистого пару і багаторічних трав норми азоту зменшують на 20–30 кг/га
Темно-сірий лісовий, чорнозем опідзолений	100	90	90	
Чорнозем вилугуваний	90	80	80	
Чорнозем глибокий	80	80	70	
Недостатнє зволоження				
Сірий лісовий	100	90	90	Після чистого пару і багаторічних трав норми азоту зменшують на 20–30 кг/га
Темно-сірий лісовий, чорнозем опідзолений	90	80	80	
Чорнозем вилугуваний	80	80	70	
Чорнозем глибокий	80	70	60	
Лівобережний Лісостеп (для врожаю 40–45 ц/га) Достатнє зволоження				
Сірий лісовий	90	80	80	Після багаторічних трав норми азоту зменшують на 30–40 кг/га, після чистого пару – на 40 кг/га, норми калію – на 20 кг/га
Темно-сірий лісовий, чорнозем опідзолений	80	70	70	
Чорнозем вилугуваний	70	70	60	Після кукурудзи норми азоту збільшують на 20–30 кг/га
Чорнозем глибокий	70	60	40	
Степ <sup>1</sup>				
Чорнозем звичайний	–	60	60	Після чистого пару Після кукурудзи
середньогумусний південний	60	60	40	
Каштановий солонцюватий	60	60	–	
	90	60	–	

<sup>1</sup>Для вирощування сильної пшениці в умовах Степу додатково проводять позакореневе підживлення її посівів азотом з урахуванням результатів діагностики.

ному обробітку ґрунту повне мінеральне добриво доцільно вносити одночасно.

У зоні Лісостепу спостерігається досить висока ефективність внесення мінеральних добрив. Норми та співвідношення елементів живлення в них залежать від типу ґрунту, його зволоження та попередника. На всіх ґрунтах зони найкраще вносити повне мінеральне добриво. На чорноземах глибоких середньосуглинкових у складі повного удобрення перевагу віддають фосфору, а калію та азоту слід вносити приблизно на 10–15 % менше, ніж фосфору. На чорноземах вилугуваних, сірих лісових і дерново-підзолистих ґрунтах у складі повного добрива азоту доцільно вносити стільки само, скільки й фосфору, або трохи більше, ніж фосфору і калію. На солонцюватих ґрунтах переважно вносять азотні та фосфорні добрива. У разі розміщення озимої пшениці після чорного пару, конюшини та люцерни фосфорні й калійні добрива вносять під основний обробіток ґрунту, а азотні – для підживлення. При цьому доза азоту зменшується на 20–30 кг/га. Після кукурудзи на силос та інших непарових попередників в основне удобрення вносять азот, фосфор і калій. У сівозінах правобережного Лісостепу під озиму пшеницю вносять вищі дози мінеральних добрив, ніж у сівозінах лівобережного Лісостепу.

В умовах Степу найбільш повне забезпечення озимої пшениці елементами живлення досягається після внесення мінеральних добрив у парних співвідношеннях або у складі повного мінерального добрива. На чорноземах звичайних під озиму пшеницю після чорного пару доцільно вносити фосфорні або фосфорні та калійні добрива, після зайнятих парів і непарових попередників – азотні і фосфорні або повне добриво. У південних районах та у степовій частині Автономної Республіки Крим після чорного пару вносять фосфорні добрива, після непарових попередників – азотні й фосфорні.

При вирощуванні озимої пшениці ефективним заходом є внесення мінеральних добрив під час сівби в рядки. Причому під час сівби добрива вносять тоді, коли озиму пшеницю вирощують на опідзоленних та дерново-підзолистих ґрунтах та якщо до сівби було внесено менше ніж 50 кг/га NPK. Ефективність рядкового добрива знижується, якщо його вносили до сівби (60–80 кг/га NPK) або під культивування. Найефективніше вносити фосфор під час сівби озимої пшениці у дозі  $P_{10}$ , причому його насамперед треба вносити на чорноземах. На опідзоленних та дерново-підзолистих ґрунтах доцільно вносити повне добриво в дозі  $N_{10}P_{10}K_{10}$ . Під час сівби озимої пшениці найбільше значення має внесення фосфору. Так, при локальному внесенні фосфор менше закріплюється ґрунтом і краще поглинається рослинами. В перший період розвитку рослин фосфор сприяє кращому розвитку корене-

вої системи та посилює надходження азоту. Приріст урожаю завжди вищий від основного внесення добрив, однак окупність одиниці добрива врожаєм вища при рядковому внесенні.

При вирощуванні озимої пшениці, як правило, проводять осіннє, весняне та позакореневе підживлення. Осіннє підживлення озимої пшениці проводять тоді, коли до сівби та під час неї добрива не вносили. У такому випадку нормальні умови росту та розвитку рослин можна забезпечити тільки внесенням добрив для підживлення. Підживлення проводять азотними і калійними добривами після появи сходів у дозі по 20–30 кг/га NK. Після поганих попередників і низького забезпечення рослин азотом підживлення проводять повним мінеральним добривом у дозі по 20–30 кг/га NPK. Азотні добрива вносять тоді, коли до сівби внесені фосфорні та калійні добрива або на ґрунтах, де рослини мають високий рівень забезпечення фосфором і калієм. Азотні добрива вносять також напередодні перезимівлі рослин.

У ранньовесняний період часто спостерігається пригнічення і навіть загибель озимої пшениці внаслідок того, що потреба рослин в елементах живлення не відповідає наявності їх у ґрунті. Рослини погано відростають і можуть взагалі загинути. Особливо гостру нестачу азоту рослини відчують тоді, коли вміст його в ґрунті дуже низький. У таких випадках вносять повне мінеральне добриво в дозі 30–40 кг/га. Підживлення проводять рано навесні поверхнево по мерзлоталому ґрунті. Ранньовесняне підживлення обов'язкове насамперед азотними добривами на зріджених посівах з слабкорозвинутими рослинами. Підживлення стимулює ріст і розвиток рослин, сприяє відростанню листків, регенерації кореневої системи, утворенню пагонів та підвищує енергію кушіння. Якщо рослини розвинуті нормально, ранньовесняне підживлення проводити не доцільно, тому що воно може викликати утворення непродуктивних пагонів. Такі посіви підживлюють азотними добривами в період кінець кушіння – початок виходу рослин у трубку. Дозу азотних добрив встановлюють з урахуванням урожаю, що планується, та за даними ґрунтової і рослинної діагностики. Якщо добрива раніше не вносили, рекомендується проводити два підживлення азотними добривами: рано навесні поверхнево по мерзлоталому ґрунті та в період кінець кушіння – початок виходу рослин у трубку. На Поліссі та в Лісостепу весняне підживлення озимої пшениці азотними добривами є обов'язковим заходом. Частина азотних добрив від річної норми необхідно виділяти для весняного підживлення. У степовій зоні осіннє та весняне внесення азотних добрив забезпечує однако-ві прирости врожаю. Тому всю кількість азотних добрив доцільно вносити до сівби, однак внесення частини азотних добрив як позакореневе підживлення підвищує якість зерна.

У господарствах, як правило, застосовують кореневе підживлення озимої пшениці азотними добривами. Його здійснюють на початку весняного кушіння пшениці, коли ґрунт достатньо підсох і можна проводити польові роботи. На посіви озимої пшениці гранульовану аміачну селітру вносять звичайними зерновими дисковими сівалками упоперек основної сівби на глибину 3–6 см (залежно від ущільнення ґрунту). Дослідження показали, що внесення азотних добрив для підживлення дисковою сівалкою має переваги порівняно з внесенням такої самої кількості добрив рано навесні поверхнево по мерзлоталому ґрунті. Пояснюється це тим, що під час внесення аміачної селітри дисковою сівалкою сумується дія кількох факторів: дія на пшеницю азотного добрива, яке заробляють локально, як правило, у вологий ґрунт на глибину 3–6 см, і пухкого мульчувального шару ґрунту, який сприяє кращому збереженню та більш раціональному використанню вологи. Все це створює сприятливіші умови для використання азоту рослинами. Отже, підживлення озимої пшениці аміачною селітрою навесні за допомогою дискової сівалки є ефективним та екологічно безпечним заходом, який значно підвищує врожай і поліпшує якість зерна озимої пшениці.

Для створення оптимальних умов формування зерна пшениці з високим вмістом білка і сирі клейковини проводять позакореневе підживлення азотними добривами. За сприятливих умов вміст білка і клейковини в зерні від цього заходу може збільшитися відповідно на 1–2,5 та 2–4 % з одночасним поліпшенням якості клейковини. Азотні добрива вносять у вигляді розчинів різної концентрації. На виробництві цей захід проводять у фазі колосіння, цвітіння та молочної стиглості зерна. Проте дослідження автора (табл. 53) свідчать, що найкращим строком проведення позакореневого підживлення озимої пшениці є фаза колосіння. Проведення цього заходу у фазу цвітіння недоцільне і небезпечне для самої рослини, оскільки в цей час у рослин озимої пшениці відбуваються найважливіші біологічні процеси – цвітіння та запліднення. Втручання в ці процеси, коли вносяться розчини з досить агресивними хімічними речовинами, небажане і шкідливе. Тому ефективність позакореневого підживлення в цей період, як правило, значно нижча, ніж в інші строки. Кращою формою з азотних добрив для підживлення є сечовина. Водний розчин її має нейтральну реакцію, завдяки чому концентрація азоту може бути більш високою. Дозу сечовини у розчині доводять до 20–30 %. Азот у сечовині міститься в амідній формі, яка при надходженні у рослину зразу використовується нею для синтезу амінокислот. Сечовина – фізіологічно активна речовина, тому вона підсилює гідроліз азотовмісних органічних речовин у вегетативній масі та сприяє реутилізації азоту з листків у зерно. Позакоре-

Таблиця 53. Вплив строків позакореневого підживлення і форм азотних добрив на якість зерна озимої пшениці

Варіант дослідів	Урожайність, ц/га	Вміст білка, %	Вміст сирі клейковини, %	Загальна скловидність, %	ІДК	Сила борошна, од. а.	Об'єм хліба, см³
$N_{60}P_{80}K_{80}$	55,3	13,6	27,9	65	46	263	628
$N_{60}P_{80}K_{80}+N_{30}^*$ у фазі колосіння	56,9	14,5	31,8	89	64	298	667
$N_{60}P_{80}K_{80}+N_{30}^{**}$ у фазі колосіння	56,1	14,2	30,5	86	64	281	646
$N_{60}P_{80}K_{80}+N_{30}^*$ у фазі цвітіння	55,9	13,9	29,2	76	55	279	649
$N_{60}P_{80}K_{80}+N_{30}^{**}$ у фазі цвітіння	55,3	13,7	28,3	71	50	272	639
$N_{60}P_{80}K_{80}+N_{30}^*$ на початку молочної стиглості зерна	55,5	14,1	30,4	83	59	283	656
$N_{60}P_{80}K_{80}+N_{30}^{**}$ на початку молочної стиглості зерна	55,0	14,0	30,1	80	57	280	648

Примітка. Азот вносили у такій формі: \* – сечовина; \*\* – КАС.

неве підживлення ефективне на високих агрофонах або при удобренні до сівби.

У разі внесення розчину сечовини треба прагнути до того, щоб утворювались краплі розміром не більш як 50–100 мк, тому що більші краплі стікають, а дрібніші – не долітають до рослини. Якщо доза витрат азоту 30 кг/га, то 65 кг сечовини розчиняють у 150 л води і одержують 200 л розчину густиною 1,1 г/см³. Можна також вносити 80–100 л/га рідкого азотного добрива КАС. Підживлення пшениці проводять у другій половині дня за похмурої погоди. Не слід проводити підживлення за температури повітря понад 20 °С, оскільки можливі опіки листків. Потребу в підживленні пшениці та дози азотних добрив визначають за вмістом азоту в листках рослин.

Під час вирощування озимої пшениці за прогресивною технологією в усіх ґрунтово-кліматичних зонах її розмішують після найкращих попередників. Реакцію ґрунтового розчину завчасно доводять до оптимальної. Органічні добрива вносять під попередник. В основне удобрення вносять фосфорні і калійні добрива, а азотні – для підживлення з урахуванням етапів органогенезу. Прогресивна технологія вирощування озимої пшениці передбачає багаторазове підживлення азотом. У зв'язку з цим правильно ви-

рішене питання дробного внесення азотних добрив має велике агрономічне (вищі врожаї), економічне (дешевша продукція) і екологічне (не забруднюється навколишнє середовище) значення.

Наукою та передовим досвідом доведено, що ефективність азотних підживлень у кожному конкретному випадку залежить від рівня родючості ґрунту, густоти посіву, сорту, розвитку рослин і вологості ґрунту. Дані Географічної мережі дослідів з добривами та результати досліджень авторів показали, що в умовах недостатнього і нестійкого зволоження у зонах Лісостепу та Степу дробне внесення азоту у різні етапи органогенезу озимої пшениці (II; IV–V, VIII) не має практично ніякої переваги перед одноразовим його застосуванням перед сівбою або внесенням перед сівбою у поєднанні з ранньовесняним підживленням. За цих умов доцільне одноразове внесення азотних добрив восени до сівби, або до сівби і для підживлення по мерзлоталому ґрунті, чи для позакореневого підживлення. В умовах достатнього зволоження потребу проведення підживлень і дози азотних добрив коригують з урахуванням результатів ґрунтової та рослинної діагностики. Якщо пшениця розміщена після поганого попередника і ґрунт збіднений на азот, в основне удобрення доцільно разом з фосфорними і калійними добривами вносити 30–40 кг/га азотних. Ефективність азотних добрив значно підвищується на фоні обробки посівів на початку виходу рослин у трубку препаратом Тур. При цьому, як показали дослідження авторів, унаслідок меншого вилягання посівів особливо збільшується окупність одиниць добрив, де азот вносили у період кінця кушіння – початок виходу рослин у трубку.

Прогресивна технологія вирощування озимої пшениці передбачає використання разом з добривами хімічних засобів захисту

Таблиця 54. Вплив добрив і засобів захисту рослин на врожайність і якість зерна озимої пшениці (А. П. Лісовал)

Варіант дослідів	Без засобів захисту рослин		Із засобами захисту рослин	
	урожайність, ш/га	вміст сирої клейковини, %	урожайність, ш/га	вміст сирої клейковини, %
$N_{30}P_{90}K_{90}$ $N_{30}P_{90}K_{90}+N_{30}$ (по мерзлоталому ґрунті)+ $+N_{30}$ (кушіння)	42,0	23,3	48,8	23,6
$N_{30}P_{90}K_{90}+N_{30}$ (по мерзлоталому ґрунті)+ $+N_{30}$ (кушіння) + $+N_{30}$ (колосіння)	49,3	26,6	58,4	26,9
	50,4	29,1	60,4	30,1

рослин. Комбіноване їх застосування посилює дію кожного з елементів прогресивної технології і сприяє одержанню стабільних урожаїв високоякісного зерна (табл. 54). Засоби захисту рослин треба використовувати з урахуванням фітосанітарного стану посівів.

Для основного удобрення використовують усі форми азотних, фосфорних і калійних добрив. Як правило, під час сівби вносять гранульований суперфосфат, амофос, нітрофоску, а для весняних підживлень – аміачну селітру.

## 8.2. Живлення і удобрення рису

Рис – типова культура зрошуваного землеробства, тому його вирощують лише в південних областях України на спеціальних рисових полях.

Рис – продовольча культура, необхідна для задоволення попиту населення на цінний високоенергетичний продукт – рису крупу. Очищені від плівки його зерна містять 75–90 % крохмалю, 6–8 білка, 0,4–0,5 % жиру, однак під час полірування вони втрачають майже всі вітаміни. За засвоюваністю (96 %) та перетравністю (98 %) рисова крупа займає одне з перших місць і тому широко використовується як дієтичний продукт та для дитячого харчування. Лікарі рекомендують вживати рисову крупу людям з хворобами серця, печінки, нирок, шлунка. Рисове борошно широко використовують у фармацевтичній і миловарній промисловості, а рисову солому – на корм тваринам та для виготовлення мотузок, циновок, капелюхів, кошків, найкращих сортів паперу тощо.

Рис менш вибагливий до родючості ґрунту, ніж інші зернові культури, однак він добре росте на ґрунтах важкого гранулометричного складу з великим вмістом гумусу, достатніми запасами поживних речовин, слабкою водопроникністю і щільним підґрунтовым шаром. Єдиним фактором, який обмежує можливість вирощування рису на тому чи іншому ґрунті, є його водопроникність. Тому найкраще ця культура росте на ґрунтах у річкових долинах, на чорноземах, темно-каштанових і важких мулуватих ґрунтах, які багаті на органічну речовину.

Надмірний вміст солей у ґрунті перешкоджає розвитку рису. Тому при розміщенні його на солончаках і солонцях слід враховувати, що за вмісту в ґрунті понад 0,1 % соди  $Na_2CO_3$  або 0,2 % хлориду натрію  $NaCl$  насіння рису гине, а вміст у ГВК 15–40 % обмінного натрію значно знижує врожай зерна. На дренажних ділянках рис дає непогані врожаї, якщо засолення становить 0,7–1 % (без дренажу його посіви гинуть при засоленні 0,4–0,5 %). Проте під час суцільного затоплення поля водою активно відбувається вимивання солей з ґрунту та його

розсолонювання, тому високий збір зерна рису можна мати й на засолених ґрунтах.

Рис задовільно росте на ґрунтах з  $pH = 7$ , але найбільш сприятлива для нього реакція ґрунтового розчину  $pH = 5,6...6,5$ . Рис надто вибагливий до наявності вологи в ґрунті. Тому в господарствах півдня України його, як правило, вирощують на суцільно затопленому полі впродовж усього вегетаційного періоду – від сівби до початку достигання зерна. Рис теплолюбна культура. Мінімальна температура для проростання його насіння в добре зволоженому ґрунті становить  $10-12^{\circ}C$ , а оптимальна –  $20-25^{\circ}C$ . За оптимальної температури сходи з'являються на четвертий–шостий день, а за мінімальної – на десятий–чотирнадцятий. Отже, низькі температури затримують появу сходів, а приморозки, коли поле не вкрите шаром води, можуть призвести до загибелі посівів (сходи рису можуть гинути при мінус  $1^{\circ}C$ ). І навпаки, за температури понад плюс  $30^{\circ}C$  уповільнюється викидання волотей рису. Вегетаційний період ранньостиглих сортів рису в умовах України триває 95–115, середньостиглих – 115–125, пізньостиглих – 125–140 діб.

Коренева система рису мичкувата і має два типи коренів – головний і придаткові. Після проростання зернівки зародок утворює головний корінь, через який на початку сходів у рослини рису надходять вода та мінеральні речовини. До кінця сходів із вузла кушіння утворюються придаткові корені, які розташовуються ярусами. Вторинна коренева система рису формується на початку кушіння. Корені рису невеликі за розміром (до 30–40 см) і при культурі із затопленням знаходяться в орному шарі ґрунту на глибині 10–15 см. Незначна кількість коренів проникає на глибину 35 см. У молодих рослин рису корені розташовані переважно в 8–10-сантиметровому шарі ґрунту. Кількість коренів збільшується до фази цвітіння. З цього часу нові корені більше не утворюються, а старі починають відмирати, внаслідок чого порушується надходження кисню до коренів з листя. Тому до кінця вегетації рису окиснювальна здатність його коренів знижується і відновлені продукти починають нагромаджуватись у ґрунті.

Рис в умовах України розмішують по пласту багаторічних трав або його обороту, після зайнятих однорічними травами парів чи в меліорованому полі. Багаторічні трави підсівають під покрив озимих зернових, а іноді й під рис, причому норму висіву покривних культур дещо зменшують. Ефективна літня сівба трав на рисових полях після вирівнювання й обробітку ґрунту за технологією пару з поливом перед сівою люцерни.

Для формування врожаю рис використовує значну кількість поживних речовин. З урожаєм 50–60 ц/га зерна та відповідної кількості побічної продукції рис виносить із ґрунту 120–145 кг

азоту, 50–62 фосфору та 120–150 кг калію. На одиницю врожаю рис виносить менше поживних речовин, ніж кукурудза, і ще менше, ніж цукрові буряки та картопля.

Елементи мінерального живлення рослинами рису протягом його вегетації поглинаються нерівномірно (табл. 55). Найбільш інтенсивно азот поглинається рослинами у фазі кушіння та виходу в трубку, а фосфор – в період від кушіння до виходу в трубку. У фазу виходу в трубку рослини поглинають 72,6 % максимальної кількості азоту і 81,5 % – фосфору. Поглинання азоту рослинами закінчується у фазу повної стиглості, а фосфору – у фазу молочно-воскової стиглості.

Під час вегетації рис використовує значну кількість елементів живлення, і насамперед азоту, фосфору та калію. Тому він дуже чутливий до нестачі їх у ґрунті. Особливо рис чутливий до нестачі азоту. Рослини жовтіють, продуктивність фотосинтезу зменшується, повільно кушаться, утворюється невелика і слабоозернена волоть. Азот потрібен для живлення рису протягом усієї вегетації, але найбільша його кількість на одиницю сухої речовини поглинається рослинами у фазі появи сходів. Критичний період азотного живлення триває від появи сходів до кінця кушіння. Саме в цей час формуються волоті й колоски рису. Молоді рослини краще засвоюють азот в амонійній формі і практично не використовують нітратний азот, проте з віком поглинають і нітрати. Надлишок азоту спричинює збільшення непродуктивної кущистості і сильний розвиток вегетативної маси, подовжує вегетаційний період, підвищує в холодні роки число пустих колосків, призводить до вилягання рослин, і, як наслідок, рослини рису уражуються грибом перикулярі, зменшується маса 1000 зерен, тобто знижується врожайність.

На ріст і розвиток рослин рису значно впливає наявність у ґрунті фосфору. Нестача його викликає порушення білкового обміну в рослинах, унаслідок чого сходи рису мають листки зі звуженими пластинками, коренева система розвивається слабо, кушіння починається із запізненням і протікає повільно, волоть має невеликі розміри. Фосфор знижує негативну дію підвищених норм азоту, особливо в період укорінення рослин

Таблиця 55. Динаміка поглинання азоту і фосфору рослинами рису, % від максимального (А. С. Тулін)

Фаза росту і розвитку	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Сходи	4,3	2,3
Кушіння	31,8	15,0
Вихід у трубку	72,6	81,5
Початок молочної стиглості	92,6	97,5
Молочно-воскова стиглість	99,5	100
Повна стиглість	100	88,6



та їх кушіння. Нестача фосфору на початку вегетації негативно впливає на подальший розвиток рису і не може бути компенсована внесенням цього елемента живлення в наступні фази онтогенезу. На відміну від інших сільськогосподарських культур рис однаково інтенсивно засвоює фосфор як з водорозчинних, так і з важкорозчинних фосфатів кальцію і заліза.

Висока потреба рису в калії задовольняється природними запасами його в ґрунті і зрошувальній воді. Це насамперед відноситься до періоду появи сходів – кушіння та другої половини вегетації. За нестачі калію, особливо у фазі появи сходів рису, листки відстають у рості, знижується продуктивна кущистість, ріст рослин затримується, посіви стають уразливими до різних хвороб і вилягання, зерно формується щуплим, низької якості. Слід ураховувати, що на формування вегетативної маси рис використовує багато калію, тому в ґрунті завжди має бути достатня кількість його легкозасвоюваних форм. Рис відрізняється від інших злаків тим, що навіть за повної фізіологічної стиглості зерна листя і стебла продовжують активно функціонувати і відбувається перерозподіл пластичних речовин між ними і зернівкою. Для інтенсифікації цього процесу на полях з надлишком азоту треба вносити калій у фазі виходу рису в трубку. Однак якщо вегетація рису затягується, для прискорення дозрівання його слід проводити сеніацію.

Для розвитку рису крім азоту, фосфору і калію потрібні сірка, залізо, кальцій, мідь, цинк, молібден, манган тощо (табл. 56). Майже всі ці елементи входять до складу ферментів, які беруть участь у біохімічних процесах у рослинах рису. Внесення мікроелементів у ґрунт до сівби або передпосівна обробка насіння рису солями мікроелементів підвищує продуктивність рослин, стійкість їх проти несприятливих факторів зовнішнього середовища.

Таблиця 56. Критичний вміст елементів мінерального живлення в рослинах рису (Е. П. Альошин, В. П. Конохова)

Елемент живлення	Вміст		Частина рослини	Фаза росту і розвитку
	%	мг/100 г		
Азот	2,5	–	Листя	Кушіння
Фосфор	0,1	–	»	»
Калій	1,0	–	Стебло	Достигання
	1,0	–	Листя	Кушіння
Кальцій	0,15	–	Стебло	Достигання
Магній	0,1	–	»	»
Сірка	0,1	–	»	»
Силіцій	5,0	–	»	»
Залізо	–	7,0	Листя	Кушіння
Цинк	–	1,0	Стебло	»
Манган	–	2,0	»	»
Кобальт	–	0,6	»	Достигання

Рисові зрошувальні системи в Україні розміщені переважно на малопродуктивних засоленних землях, прилеглих до берегів Чорного моря, Сиваша, а також у заплаві Дунаю. Більшість приморських солонцевих і засоленних ґрунтів, на яких вирощують рис, малородючі, містять мало гумусу (1,2–2 %), слабо забезпечені азотом та фосфором і достатньо лише калієм. Тому без внесення органічних і мінеральних добрив практично неможливо вирощувати високі врожаї рису.

Ґрунти на рисових полях систематично поповнюються свіжою органічною речовиною за рахунок пожнивних і кореневих решток культур сівозміни та внесення органічних добрив. Органічні речовини підвищують біологічну активність ґрунту, збільшують мобілізацію доступних для рослин рису форм поживних речовин, поліпшують агрегатний склад і водно-фізичні властивості ґрунту та створюють сприятливі для живлення рису окисно-відновні умови ґрунтового середовища. Свіжа органічна речовина, яка заробляється в ґрунт рисового поля, відіграє важливу роль як джерело енергії для життєдіяльності корисної мікрофлори, поліпшує фізичні і фізико-хімічні процеси в ґрунті, який тривалий час знаходиться під затопленням водою.

Для періодичного поповнення ґрунту свіжою органічною речовиною використовують гній, компости, бобові сидеральні культури. Особливу увагу приділяють внесенню органічної речовини на місцях, де знімається шар ґрунту під час капітального планування чеків. Для цього насамперед треба вносити гній.

Гній вносять навесні у напівперепрілому або перепрілому стані під переорювання ґрунту. У разі вирощування рису в сівозміні норма внесення гною становить 20–40 т/га. На піщаних малопродуктивних ґрунтах, а також при капітальному плануванні чеків норму гною підвищують до 60–80 т/га. Максимальна глибина зароблення гною 15 см, мінімальна – 10 см. Розмір грудочок гною, що вноситься під рис, не повинен перевищувати 60 мм, а вміст великих фракцій допускається не більш як 30 % норми внесення.

Для удобрення рису використовують також зелене добриво, вирощуючи сидеральні культури, зелену масу яких заорюють у ґрунт з метою підвищення його родючості. Заорювати зелену масу сидеральних культур, яка багата на азот, слід незадовго до сівби рису – за 5–10 діб. За більшого розриву в часі між заорюванням зеленого добрива і сівбою рису може відбуватись передчасна мінералізація азоту, що міститься в сидераті, та нагромадження в ґрунті нітратів, які вимиваються після затоплення поля. Висока ефективність сидератів забезпечується за умови, якщо заорюється понад 20–25 т/га зеленої маси у подрібненому стані на глибину 10–15 см.

Як органічне добриво під рис можна вносити його соломі. Норма внесення рисової соломи – 4–6 т/га. Перед внесенням її



ретьельно подрібнюють на часточки завдовжки не більш як 10 см. Одночасно з соломом на кожну тонну її вносять по 6–8 кг мінерального азоту. Солому заробляють на глибину 12–15 см.

Рис добре реагує на внесення мінеральних добрив (табл. 57). Мінеральні добрива не тільки відшкодовують загальну нестачу доступних форм поживних речовин, які використовує рис з ґрунту для формування високого врожаю, а й усувають невідповідність між природним темпом мобілізації елементів живлення у ґрунті та потребою в них рису протягом усієї вегетації. Під час появи сходів рису природна мобілізація доступних форм поживних речовин у ґрунті відбувається ще повільно і молоді рослини зі слабо розвинутою кореневою системою недостатньо забезпечуються мінеральним живленням навіть на родючих ґрунтах. Часто спостерігається незадовільна забезпеченість рослин елементами живлення у найбільш відповідальній фазі росту і розвитку – кушіння, формування волоті та ін. Тому тільки за правильного добору норм і строків внесення добрив цю невідповідність можна усунути.

Рис найкраще реагує на внесення азотних добрив. Вони відіграють вирішальну роль у системі удобрення цієї культури. При цьому треба враховувати форму, в якій азот знаходиться в добривах. Щоб зменшити втрати азоту з добрив, слід звести до мінімуму період між внесенням азотних добрив, їх загортанням у ґрунт і затопленням полів. Норми азотних добрив залежить від родючості ґрунту, погодних умов, сорту, строків сівби, попередника та інших факторів, проте як надлишок, так і нестача азоту різко позначаються на врожаї рису.

Оптимальна норма азоту під рис на солонцюватих ґрунтах Причорномор'я і Присиванштя становить 90 кг/га, після дворічної люцерни – не більш як 60 кг/га, а по обороту пласта – 90–120 кг/га. У разі збільшення норми азоту після зайнятих парів до 120 кг/га ефективність її порівняно з нормою 60–90 кг/га знижується. Однак в умовах плавнів Дунаю за повторних посівів рису на лучно-болотних і оторфованих суглинкових ґрунтах вносять 120 кг/га азоту, а на супіщаних і мулистопіщаних – 180 кг/га. Азотні добрива під рис вносять перед критичним пе-

ріодом потреби в них рослин. Основну частину азотних добрив (2/3 норми) вносять перед сівбою, а решту – для підживлення у період від появи сходів до кушіння. Перед початком кушіння рослин шар води в чеках зменшують до 5–7 см і посіви підживлюють азотними добривами. Після закінчення кушіння рослин шар води в чеках знову підвищують до 12–15 см.

Внесення фосфорних добрив під рис значно підвищує врожай зерна, проте на полях, у ґрунтах яких містяться навіть важкорозчинні форми фосфору, рис добре забезпечений цим елементом живлення, оскільки затоплення водою сприяє перетворенню цих форм на легкорозчинні. Фосфорні добрива ефективніші під час внесення їх разом з азотними. Співвідношення азоту і фосфору, за якого одержують найбільші прирости врожаю, залежить від району вирощування рису, типу ґрунту, попередника, сорту, строків сівби тощо. Внесення під рис тільки фосфорних добрив виправдане після пласта трав, заораних сидератів або на нових, багатих на органічну речовину землях. Однак і в цих випадках підживлення рису азотними добривами високоєфективне. Оптимальна норма фосфору залежно від попередника і запасів рухомих фосфатів у ґрунті становить 60–90 кг/га. На солонцюватих ґрунтах півдня України доцільно вносити 90 кг/га, а в умовах плавнів Дунаю за повторних посівів рису на супіщаних і мулистопіщаних ґрунтах – 90–120 кг/га фосфору. Враховуючи низьку рухомість фосфору в ґрунті, його можна вносити заздалегідь під зяблеву оранку або під передпосівний обробіток ґрунту. Підживлення рису фосфорними добривами у період вегетації дає менший приріст урожаю, ніж внесення тієї самої дози до сівби. Якщо фосфорні добрива до сівби не вносили, то їх доцільно внести для підживлення разом з азотними.

ґрунти на рисових полях майже завжди містять достатню кількість калію, однак рис добре реагує на внесення легкодоступних форм цього елемента, особливо в другий період вегетації. У більшості районів рисосіяння за однобічного внесення калію не спостерігається позитивної його дії. Пояснюється це насамперед достатнім вмістом його в ґрунті, а також надходженням цього елемента в ґрунт зі зрошувальною водою. На азотно-фосфорному фоні за порівняно високого рівня врожайності (понад 50 ц/га) калій позитивно впливає на врожай та дещо поліпшує стійкість рослин проти вилягання. Якщо треба вносити калій, то норма його не повинна перевищувати 60 кг/га. Нині калійні добрива вносять через кілька років після вирощування рису в одному чеку.

Отже, у разі розміщення рису після зайнятих парів, зернових культур та в повторних посівах слід вносити 90–120 кг/га азоту і 70–90 кг/га фосфору, а після пласта багаторічних трав та після інших бобових культур – по 60 кг/га азоту і фосфору.

Таблиця 57. Урожайність рису залежно від внесення мінеральних добрив (Н. Б. Наталійн)

Варіант дослідів	Урожайність	
	ц/га	%
Без добрив (контроль)	33,6	100
N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub> перед сівбою	44,2	131
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> перед сівбою та N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub> після появи сходів	55,5	165

Таблиця 58. Залежність урожайності рису від форм азотних добрив

Форма добрива	Урожайність	
	ц/га	%
Без добрив (контроль)	44,3	100
Сульфат амонію	57,0	129
Хлорид амонію	56,2	127
Ціанамід кальцію	53,6	121
Сечовина	56,7	128
Аміачна селітра	52,1	118
Кальцієва селітра	45,9	104
Натрієва селітра	45,1	102
Калійна селітра	46,3	105

Під час вирощування рису на темно-каштанових солонцюватих ґрунтах доцільно вносити 120 кг/га азоту, 120 фосфору та 60 кг/га калію. В основне удобрення вносять майже завжди всю норму фосфорних та калійних і 2/3 норми азотних добрив. Добрива вносять у такій послідовності: фосфорні, калійні, азотні. Фосфорні та калійні добрива вносять за 12–15 діб до сівби рису, азотні – не раніше ніж за 4–5 діб до сівби.

Рис дуже добре реагує на різні форми азотних добрив (табл. 58). Якщо після внесення азотних добрив чеки ще певний час не затоплені, то у верхньому шарі ґрунту накопичується значна кількість нітратів, які після затоплення швидко вимиваються й денітрифікуються або відновлюються до аміаку. Тому на рисових полях треба вносити тільки ті азотні добрива, які містять азот в амонійній (сульфат амонію, хлорид амонію, складні добрива з амонієм), аміачній (безводний аміак, аміачна вода) або амідній (сечовина) формах. Після їх перетворення в ґрунті азот знаходиться в амонійній формі. Проте слід пам'ятати, що до перетворення сечовина ґрунтом не вбирається і може вимиватися з поливною водою. Такі самі втрати можливі у процесі нітрифікації аміачної та амонійної форм азоту, особливо у разі завчасного внесення в ґрунт. Аміачну селітру, яка містить частину азоту в нітратній формі, доцільно використовувати для підживлення (у фазі кушіння), коли вже утворилися окиснювальні зони біля кореневої системи та на поверхні ґрунту. Однак і в цьому випадку значна частина внесених нітратів може бути втрачена. Одна з основних причин неоднакової доступності різних форм азоту (аміачної і нітратної) для рису полягає в різній здатності їх утримуватися в ГВК рисових полів, що затоплюються водою.

Для удобрення рису використовують усі форми фосфорних добрив, але найчастіше вносять суперфосфат, рідше фосфоритне борошно та преципітат. Із калійних добрив під рис вносять калійну сіль, хлорид або сульфат калію, сильвініт. На засоленних ґрунтах найкраще вносити хлорид калію.

### 8.3. Живлення і удобрення кукурудзи

Кукурудза – культура, яка дуже вибаглива до родючості ґрунтів. Оптимальна реакція ґрунтового розчину для неї становить  $pH = 6...7$ . Кукурудза погано росте на кислих ґрунтах, без вапнування яких, незважаючи на внесення високих норм органічних і мінеральних добрив, практично неможливо виростити високий урожай. Під посіви кукурудзи відводять ділянки з найродючішими ґрунтами та найкращими попередниками. Кукурудза формує високі врожаї на ґрунтах, які багаті на азот, мають добрі фізичні властивості, пухкі, проникні для води і повітря. Крім того, вона добре росте на ґрунтах легкого гранулометричного складу, де внесли гній або заорали зелене добриво, однак погано росте на засолених ґрунтах та на ґрунтах, що запливають, важкого гранулометричного складу.

Кукурудза має добре розвинуту кореневу систему, яка здатна поглинати поживні речовини з великого об'єму ґрунту. За кількістю поживних речовин, які використовуються для формування врожаю, кукурудза прирівнюється до цукрових буряків і картоплі. З урожаєм зерна 60–70 або зеленої маси 500–700 ц/га кукурудза виносить з 1 га 150–180 кг азоту, 50–60 фосфору, 150–200 кг калію. Сучасні гібриди кукурудзи для створення 1 т зерна і відповідної кількості листостеблової маси потребують 18–25 кг азоту, 8–12 фосфору, 16–24 кг калію.

Головні елементи живлення кукурудзи протягом свого вегетаційного періоду поглинає нерівномірно (табл. 59). Поглинання азоту триває до фази воскової стиглості. Найінтенсивніше його поглинання спостерігається у період від появи волоті до цвітіння. Поглинання фосфору відбувається більш тривалий час, причому кукурудза засвоює його рівномірно до самого дозрівання. Особливо гостру потребу в додатковому фосфорному живленні рослини відчувають у початковий період свого життя. Калій найінтенсивніше кукурудза поглинає у перший період вегетації.

Таблиця 59. Споживання головних елементів живлення кукурудзою, % максимального

Фаза росту і розвитку	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
4–5 листків	0,3	0,2	0,2
9–10 листків	4,2	2,5	4,4
Поява волоті	44,0	33,0	69,0
Цвітіння	61,0	61,0	79,0
Стиглість			
молочна	89,0	88,0	95,0
воскова	100,0	94,0	100,0
повна	93,0	100,0	82,0

У розвитку кукурудзи можна виділити два важливих періоди живлення головними елементами: період утворення 5–7 листків і період від появи 9–10 листків до повного викидання вологі. У перший період розвитку кукурудзи відбувається закладання репродуктивних органів. Від наявності елементів живлення, особливо фосфору, залежить кількість качанів на рослині та зерен на них. У цей час кукурудза росте повільно, елементів живлення використовує мало. Коренева система її ще розвинута слабо і не може поглинати поживні речовини з важкодоступних сполук. Тому кукурудза дуже вибаглива до наявності в ґрунті легкозасвоюваних поживних речовин, особливо фосфору. Через 10–15 діб після появи сходів кукурудзи настає критичний період у фосфорному живленні. Фосфор сприяє доброму розвитку кореневої системи, підсилює використання рослиною елементів живлення з ґрунту та добрив, прискорює закладання репродуктивних органів. Ця особливість зумовлює високу ефективність внесення фосфорних добрив під час сівби.

Другий період характеризується інтенсивним ростом рослин кукурудзи. Він триває 17–20 діб. За цей час нагромаджується основна маса рослини і використовується багато елементів живлення: азоту і фосфору – 50 % загальної кількості, калію – 70 % максимального нагромадження.

У зв'язку з тим що за такий короткий період використовується більше половини елементів живлення, кукурудза більш вибаглива до родючості ґрунту, ніж цукрові буряки і картопля. Цей період є критичним для кукурудзи щодо азотного живлення. Рослини часто відчують нестачу в ґрунті азоту внаслідок його вилучування та слабкої мінералізації. Тому підживлення кукурудзи у цей період азотними добривами особливо ефективне.

Висока потреба рослин кукурудзи в калії спостерігається в період викидання волоті, цвітіння, наливання зерна. На чорноземних кукурудза відчуває потребу в цинку. За його нестачі в рослинах кукурудзи знижується вміст протеїну і триптофану. Підвищені норми фосфору також знижують вміст у кукурудзі цинку і триптофану. Кукурудза дуже чутлива до внесення гною та інших органічних добрив (табл. 60): після внесення гною рослини краще переносять несприятливі ґрунтово-кліматичні умови (зниження температури, нестача мікроелементів), в них прискорюється проходження окремих фаз росту і розвитку. Норми внесення органічних добрив – 25–30 т/га на глинистих і 30–40 т/га – на піщаних та супіщаних ґрунтах. Збільшення норми гною понад 30–40 т/га призводить до подальшого підвищення врожаю кукурудзи, однак окупність 1 т його врожаєм знижується. Органічні добрива вносять перед основним обробітком ґрунту. В районах достатнього зволоження та при зрошенні добре перепрілий гній можна вносити навесні під пере-

Таблиця 60. Приріст урожаю зерна кукурудзи від застосування гною

Економічний район	Урожайність без добрив, ш/га	Приріст урожаю, ш/га, при нормах внесення гною, т/га		Окупність 1 т гною приростом урожаю, кг	
		20	20-40	20	20-40
Без внесення мінеральних добрив					
Разом по Україні	31,9	4,0	7,4	28,3	25,2
Донецько-Придністровський	29,9	4,5	5,7	30,0	22,8
Південно-Західний	42,1	4,4	15,6	29,3	29,0
Південний	28,8	2,2	5,0	22,0	20,0
Після внесення мінеральних добрив					
Разом по Україні	40,6	2,8	5,1	20,3	14,7
Донецько-Придністровський	37,8	1,8	2,9	18,0	14,2
Південно-Західний	56,1	3,2	5,3	21,0	16,0
Південний	27,8	3,3	7,1	22,0	14,0

орювання зябу або культивуацію. Однак слабкорозкладений гній навесні під кукурудзу вносити недоцільно. Весняне глибоке зароблення гною різко знижує його ефективність, а іноді й зменшує приріст урожаю.

Для зниження втрат азоту з гною інтервал між внесенням і заробленням його в ґрунт має бути мінімальним. Якщо ґрунти дуже запливають, то органічні добрива вносять під переорювання зябу. Як правило, органічні добрива вносять у вигляді гною або компостів, які за ефективністю не поступаються гною.

Під час вирощування кукурудзи на родючих ґрунтах після добре угноєних попередників можна застосовувати тільки мінеральні добрива, які вносять у рекомендованих нормах (табл. 61). Рекомендовану норму добрив уточнюють з урахуванням рівня вмісту поживних речовин у ґрунті конкретного поля. За низького їх рівня норму добрив збільшують в 1,2–1,3 раза, за високого – зменшують в 0,7–0,8 раза, за середнього – норма добрив не змінюється. Якщо кукурудзу вирощують на силос, рекомендовану норму азотних добрив для кукурудзи на зерно збільшують на 20–40 кг/га. Здебільшого ефективність мінеральних добрив висока після внесення у помірних і середніх нормах з вирівняним співвідношенням елементів живлення або з деякою перевагою азоту над фосфором і калієм. Збільшення у складі повного мінерального добрива частки фосфору або калію не сприяє відповідному збільшенню врожаю зерна. Мінеральні добрива під кукурудзу застосовують у різні строки і різними способами.

В умовах стійкого зволоження ґрунту норму азотних добрив збільшують за рахунок підживлення, а в умовах нестійкого зво-

Таблиця 61. Рекомендовані норми добрив під кукурудзу за врожайності зерна 50–70 і снісною маси 350–450 ц/га (С. М. Кравченко та ін.)

Зона	Ґрунт	Норма добрив під кукурудзу, кг/га					
		на зерно			на силос		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Полісся і західний Лісостеп	Сірий лісовий, дерново-підзолистий легкосуглинковий	130	100	100	180	90	90
	Сірий лісовий, чорнозем опідзолений, чорнозем глибокий середньосуглинковий	140	120	120	160	120	120
Право- та лівобережний Лісостеп	Сірий, темно-сірий лісовий, чорнозем глибокий, чорнозем опідзолений легкосуглинковий	80–120	90–120	120	80–120	90–120	120
	Луго-чорноземний крупнопилуватолегкосуглинковий	90	90	135	120	90	90
Степ	Чорнозем глибокий важкосуглинковий	120	90	60	150	120	90
	Чорнозем звичайний, чорнозем південний важкосуглинковий	90–120	60–90	20–40	90–120	60–90	20–40

ложення – за рахунок основного внесення. На ґрунтах легкого гранулометричного складу в районах достатнього зволоження фосфорно-калійні добрива вносять восени під основний обробіток ґрунту, а азотні – під передпосівну культивування. У районах нестійкого і недостатнього зволоження всі мінеральні добрива вносять під основний обробіток ґрунту. В цих умовах ефективне локальне внесення добрив, особливо фосфорних, оскільки фосфор менше закріплюється ґрунтом і помітно підвищується коефіцієнт його засвоєння рослинами. У разі вирощування кукурудзи за індустріальною технологією всю норму мінеральних добрив вносять під основний обробіток ґрунту.

Посаджане внесення органічних і мінеральних добрив під кукурудзу забезпечує найсприятливіші умови її росту та розвитку і гарантує вирощування стійких високих урожаїв. При цьому залежно від норми органічних добрив кількість мінеральних добрив зменшують на 30–50 %.

У складі повного мінерального добрива на дерново-підзолистих, опідзоленних ґрунтах і чорноземах вилугуваних найефективніші азотні добрива. На чорноземах південних і звичайних найбільші прирости зерна одержують від внесення фосфорних або фосфорно-азотних добрив. Калійні добрива на цих ґрунтах часто позитивної дії не виявляють. На полях, де восени мінеральних добрив внесли недостатньо, їх треба внести навесні і заробити в ґрунт одночасно з гербіцидами. Ефективність мінеральних добрив підвищується на 15–20 % (порівняно з розкидним внесенням), якщо їх вносять рано навесні локально комбінованими сілками або культиваторами-рослиннопідживлювачами на глибину 8–10 см. Однією з основних вимог під час внесення мінеральних добрив є рівномірність їх розподілу по поверхні поля. На кожний квадратний метр поля необхідно забезпечити потрапляння приблизно однакової кількості добрив із запланованим співвідношенням поживних речовин.

На початку вегетації кукурудза має дуже слабкорозвинуту кореневу систему і тому потребує підвищеної кількості поживних речовин. Для забезпечення проростків кукурудзи легкодоступними поживними речовинами слід вносити невеликі дози мінеральних добрив: під час сівби на дерново-підзолистих і опідзоленних ґрунтах доцільно вносити N<sub>5-8</sub>P<sub>10</sub>K<sub>5-8</sub>, а на чорноземах – P<sub>10</sub>.

Кукурудза дуже чутлива до підвищення концентрацій ґрунтового розчину. Тому при збільшенні дози припосівного удобрення під кукурудзу понад 10 кг NPK зменшується його ефективність, що призводить до зниження схожості насіння та запізнення появи сходів. Негативна дія підвищених доз добрив особливо виявляється на дерново-підзолистих і опідзоленних ґрунтах. У разі внесення добрив з насінням в гнізда корені кукурудзи знаходяться в зоні розташування добрив ще до появи сходів. Тому міне-

ральні добрива вносять окремо від насіння – на 4–5 см убік та на 2–3 см нижче. За такого розміщення добрив корені проникають до добрив пізніше, коли вони стають менш чутливими до концентрації ґрунтового розчину. Якщо мінеральні добрива внесені згідно з рекомендованими нормами до сівби кукурудзи, то ефективність припосівного удобрення знижується.

В умовах достатнього зволоження на дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтах для забезпечення кукурудзи елементами живлення протягом вегетації проводять підживлення насамперед азотними добривами. Підживлення підсилює дію основного удобрення, однак не заміняє його. Найбільше потребує кукурудза підживлення азотними добривами. Підживлення фосфорними і калійними добривами проводять тоді, коли добрива до сівби кукурудзи не внесли або їх внесли мало і ґрунти погано забезпечені рухомими формами фосфору і калію.

У Степу, як правило, перенесення всієї норми добрив або її частини з основного в підживлення не сприяє подальшому підвищенню врожаю кукурудзи. Однак, урахувуючи те, що добрива в господарства надходять протягом усього року, не слід зовсім виключати вегетаційні підживлення. Вони доцільні на тих ґрунтах, де восени та в допосівний період недостатньо внесено добрив. Крім того, у сприятливих з достатнім зволоженням роки цей захід забезпечує навіть вищий приріст урожаю, ніж застосування всієї норми добрив у допосівний період.

На слабкородючих ґрунтах легкого гранулометричного складу підживлення кукурудзи азотними добривами є ефективним заходом. Підживлення азотними добривами проводять із такого розрахунку, кг/га: для кукурудзи на зерно – 25–30, для кукурудзи на силос – 40. Для вирощування врожаю зерна кукурудзи понад 50 ц/га та зеленої маси понад 500 ц/га рекомендується проводити два підживлення. Найефективніше раннє підживлення зразу після формування густоти сходів, тобто перед початком інтенсивного поглинання рослинами азоту. Запізнення з підживленням знижує його ефективність, особливо в районах нестійкого і недостатнього зволоження. Підживлення кукурудзи проводять культураторами-рослинопідживлювачами. Добрива вносять посередині міжрядь на відстані 25–30 см від рослин на глибину не менше ніж 12 см, забезпечуючи їх рівномірний розподіл.

Для підвищення вмісту протеїну в урожаї кукурудзи під час вирощування її на силос рекомендується позакореневе підживлення азотними добривами. Підживлення проводять за 2–3 тижні до початку збирання, коли інтенсивні процеси росту в рослині вже закінчились. Рослини підживлюють 20–30 %-м розчином сечовини. Дозу азотних добрив устанавлюють залежно від урожаю, якого очікують, кг/га: для врожаю 150–200 ц/га – 30, 250–300 ц/га – 45, понад 300 ц/га – 60.

За локального надлишку фосфору, що виникає від нерівномірного розподілу добрив під час внесення, розвиток рослин пригнічується від нестачі в ґрунті цинку. Потребу в цинку рослини відчують і на ґрунтах з низьким його вмістом у легкозасвоюваній формі. У таких випадках треба вносити сульфат цинку в кількості 10–15 кг/га.

При основному внесенні найкращою формою азотних добрив є амонійні та аміачні, фосфорних – суперфосфат, калійних – безхлорні (сульфатні). Високоєфективним є застосування комплексних добрив. Так, нітрофоска, нітроаммофоска, карбоаммофоска, нітрофос і нітроаммофос, внесені до сівби, здебільшого забезпечують рівні або навіть вищі прирости врожаїв зерна порівняно з еквівалентними за поживними речовинами сумішами простих добрив. Широкого використання набуло внесення під кукурудзу безводного аміаку, рідких комплексних добрив і КАС. Перевагою рідких добрив перед твердими є повна механізація їх внесення та рівномірний розподіл по полю. КАС і РКД можна вносити по поверхні ґрунту з подальшим загортанням, оскільки вони не містять вільного аміаку. Під час сівби кукурудзи, як правило, вносять суперфосфат і амофос, а якщо треба внести повне мінеральне добриво, – нітроаммофоску. З місцевих добрив для підживлення вносять 4–5 т/га гноївки.

#### 8.4. Живлення і удобрення ячменю

Ячмінь посідає важливе місце в зерновому балансі України. Вирощують цю культуру в усіх ґрунтово-кліматичних зонах. Діапазон використання зерна ячменю дуже широкий.

Ячмінь порівняно з іншими зерновими найбільш вибаглива до родючості ґрунту культура. Це зумовлюється інтенсивним нагромадженням в ньому органічної речовини за порівняно короткий час і відносно слабкорозвинутою кореневою системою, яка має підвищену чутливість до концентрації солей у ґрунтовому розчині, особливо у перший період росту і розвитку. Ячмінь вирощують на дерново-підзолистих, сірих лісових і чорноземних ґрунтах, які мають добру аерацію та середній гранулометричний склад. На ґрунтах легкого гранулометричного складу ячмінь росте гірше. Однак на достатньо окультурених супіщаних ґрунтах після внесення добрив вирощують досить високі врожаї зерна ячменю належної якості. Непридатні для вирощування ячменю заболочені ґрунти, які мають схильність до запливання. Ячмінь погано витримує як кислі, так і засолені ґрунти. Особливо потерпають молоді рослини. Для оптимального розвитку ячменю необхідна реакція середовища, близька до нейтральної (рН = 6...7). Тому ячмінь дуже добре реагує на вапнування, яке не тільки підвищує дію мінеральних добрив, а й підвищує врожай зерна ячме-

ню завдяки поліпшенню агрохімічних властивостей ґрунту. Вапнування на дерново-підзолистих ґрунтах особливо необхідне тоді, коли в сівозміні під ячмінь підсівають конюшину.

Ячмінь характеризується підвищеними вимогами до рівня живлення. Це пояснюється його дуже коротким вегетаційним періодом, який триває 90–100 діб, та дуже швидким засвоєнням поживних речовин. За виносом поживних речовин ячмінь мало відрізняється від озимих культур. Для формування 1 ц зерна разом з соломом він приблизно використовує, кг: азоту – 2,5–3, фосфору – 1–1,5, калію – 2–2,5. Головні елементи живлення рослини ячменю протягом вегетації поглинають нерівномірно. Найбільша потреба в поживних речовинах збігається з двома важливими періодами у житті рослин – періодом кушіння і початком стеблоутворення та періодом закладання, формування і наливання зерна.

Надходження азоту, фосфору і калію в рослини ячменю відбувається досить інтенсивно з самого початку їх росту та розвитку. Вже у період кушіння рослинами поглинається 29–36 % азоту, 18–23 фосфору та 30–41 % калію від максимальної кількості. Найінтенсивніше головні елементи живлення надходять у рослини в період їх росту – від фази кушіння до колосіння. За цей період (26–28 діб) в рослини надходить 42–46 % азоту, 51–64 фосфору та 64–70 % калію. Отже, до фази колосіння в рослинах ячменю нагромаджується 64–78 % азоту і 65–91 % фосфору, а поглинання калію до цієї фази переважно закінчується (В. Є. Розстальний, 1991).

Тому найбільша потреба рослин ячменю в азоті спостерігається у період від початку кушіння до колосіння. Критичний період у рослин щодо азоту спостерігається від початку кушіння до виходу рослин у трубку. У разі нестачі азоту в цей період ріст і розвиток рослин пригнічуються, порушується процес утворення генеративних органів, що призводить до різкого зниження врожаю. Надлишок азоту, навпаки, призводить до переростання та раннього вилягання рослин і, як наслідок, до зниження врожаю. На початку вегетації дуже важливо забезпечити ячмінь фосфором, що сприяє інтенсивному розвитку кореневої системи і поліпшує споживання рослинами поживних речовин. Максимальна потреба рослин ячменю у калії – це перший період вегетації. Він сприяє зміцненню соломин, підвищенню стійкості рослин проти шкідників і хвороб, поліпшенню водообміну, збільшенню посухостійкості, прискоренню надходження пластичних речовин у генеративні органи, внаслідок чого збільшується величина та виповненість зерна. Отже, для вирощування високих урожаїв ячменю важливо, щоб рослини були забезпечені елементами живлення з самого початку вегетації. Компенсувати нестачу живлення в перший період росту та розвитку ячменю в наступні періоди його розвитку неможливо. Ця біологічна особливість

ячменю зумовлює підвищену вибагливість його до умов живлення у перший період життя.

Ячмінь відрізняється від інших зернових культур ще й тим, що основний урожай ця культура формує на головному пагоні. Тому, щоб запобігти розвитку бічних пагонів, треба забезпечити задану густоту посіву – 400–500 рослин на 1 м<sup>2</sup> – та оптимізувати азотне живлення.

Ячмінь добре реагує на внесення органічних і мінеральних добрив. Безпосередньо під нього, як правило, органічні добрива не вносять. Ячмінь у сівозміні розмішують після угноєного попередника. Ця культура добре використовує післядію органічних добрив, яка висока навіть на 2–3-й рік після їх внесення. На різних ґрунтах, незважаючи на неоднакову реакцію ячменю на азотні, фосфорні та калійні добрива, найвищі і сталі прирости врожаю переважно забезпечуються від поєднаного їх внесення. Норми мінеральних добрив під ячмінь насамперед залежать від ґрунтово-кліматичних умов вирощування (табл. 62). Рекомендовані норми мінеральних добрив під ячмінь диференціюють залежно від параметрів ґрунтової родючості, умов вирощування, особливостей сорту, мети вирощування тощо.

Особливе значення в живленні ячменю має внесення азотних добрив. Їх вплив на врожай і якість продукції значно вагоміший, ніж фосфорно-калійних, тому допущені під час внесення помилки виявляються значно гостріше. При вирощуванні ячменю після добре удобрених ґноєм і мінеральними добривами просапних культур обмежуються внесенням N<sub>40–50</sub>, після слабкоудобрених просапних та зернових вносять N<sub>60–80</sub>, після багаторічних трав – N<sub>30–40</sub>. Внесення підвищених доз азоту в допосівний період призводить до посиленого кушіння, що зумовлює вилягання посівів, нерівномірність достигання, зменшує вихід великозернистої фракції, підвищує ламкість стебел і колосся. За нестачі азоту відбува-

Таблиця 62. Рекомендовані норми мінеральних добрив під ячмінь, кг/га (Б. С. Носко)

Ґрунт	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Полісся і Карпати</i>			
Дерново-підзолистий, сірий лісовий суглинковий	60	45	45
Дерново-підзолистий, сірий лісовий піщаний	90	60	60
Дерново-карбонатний	60	60	60
<i>Лісостеп</i>			
Чорнозем типовий	60	60	40
Чорнозем опідзолений, темно-сірий лісовий	60	90	60
Сірий лісовий	90	90	90
<i>Степ</i>			
Темно-каштановий солонцюватий	60	60	40

ється слабке куціння, посилюється редукція потенційно продуктивних пагонів, колосків, знижується фертильність квіток, скорочується вегетаційний період. Найбільш раціональні норми фосфорних і калійних добрив під ячмінь – по 45–60 кг/га РК. На ґрунтах, бідних на азот, норму азотних добрив збільшують.

При вирощуванні сортів ячменю, зерно яких використовують для виробництва пива, норму азотних добрив зменшують, а на чорноземах вносять половину рекомендованої норми. Для одержання зерна, придатного для виробництва пива, треба щоб рівень калійного живлення переважав над азотним і фосфорним. При вирощуванні кормового і харчового ячменю вносять підвищені норми азотно-фосфорних добрив на зниженому калійному фоні.

Найефективніше мінеральні добрива вносити восени під основний обробіток ґрунту. Якщо добрива восени не внесли, то їх вносять навесні локально на глибину 12–16 см. У районах з достатнім зволоженням ґрунту, а також на ґрунтах легкого гранулометричного складу з промивним водним режимом азотні добрива вносять навесні під культивування. Ефективне також припосівне внесення добрив. На дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтах і опідзолених чорноземах під ячмінь краще вносити повне мінеральне добриво ( $N_{10}P_{10}K_{10}$ ), на чорноземах глибоких, південних і звичайних – фосфорні ( $P_{10}$ ) або азотно-фосфорні ( $N_{10}P_{10}$ ) добрива. Підживлення ячменю проводять тільки в умовах зрошення, у районах підвищеного зволоження та на легких супіщаних ґрунтах, де за азотного голодування підживлення азотними добривами на початку вегетації може дати позитивні наслідки. Роздільне внесення під ячмінь азоту не завжди ефективне, що пов'язано з істотним впливом на його дію погодних умов. Якщо ячмінь вирощують за прогресивною технологією, то найчастіше проводять дворазове внесення азоту – до сівби і під час IV етапу органогенезу. У разі збільшення кратності застосування азоту продуктивність рослин ячменю знижується.

Під ячмінь в основне удобрення вносять: із азотних – тверді й рідкі; з фосфорних – суперфосфат; із калійних – хлорид калію; із комплексних – нітроамофоску, амофос. Як правило, під час сівби ячменю вносять суперфосфат, амофос, нітроамофоску, для підживлення – аміачну селітру, сечовину.

### 8.5. Живлення і удобрення гречки

Розміщення посівних площ гречки по ґрунтово-кліматичних зонах України зумовлюється недостатньою посухостійкістю цієї культури та її великою потребою у воді. Тому найбільші посівні площі (80–90 %) вона займає в районах достатнього зволоження. Основною зоною вирощування гречки є Лісостеп (50 %), менше – Полісся (35 %) та північна частина Степу (15 %).

Гречка вибаглива до ґрунтово-кліматичних умов і попередника, тому її слід розмішувати на родючих ґрунтах легкого гранулометричного складу, на чистих від бур'янів полях. Найкращими попередниками для гречки на Поліссі є картопля, буряки, люпин, озимі, в Лісостепу – цукрові буряки, картопля, зернобобові, озимі, в Степу – озимі та баштанні культури.

Вегетаційний період у гречки короткий (у скоростиглих сортів – 60–70 діб, у середньостиглих – 70–90 діб), тому її висівають у зайнятих парах у післяукісних посівах, що є одним з резервів збільшення збору зерна цієї цінної круп'яної культури. У випадку загибелі озимих або ранніх ярих культур гречку можна використовувати як страхову культуру.

Оптимальне значення рН для вегетації гречки знаходиться в межах 5–7, тому дуже кислі ґрунти слід вапнувати. Гречка добре росте на чорноземах і сірих лісових ґрунтах. Непридатні для її вирощування дуже кислі дерново-підзолисті ґрунти (рН = 4,5) та солонцюваті ґрунти важкого гранулометричного складу.

Коренева система гречки невелика, основна маса її розташована у верхніх шарах ґрунту, тонкі корені і кореневі волоски її розвинуті добре. Кореневі волоски гречки виділяють кислоти, які сприяють засвоєнню фосфору з важкорозчинних форм, а також калію з ґрунтових запасів, які мало або зовсім недоступні для інших рослин. За інтенсивністю поглинання фосфору гречка перевищує яру пшеницю в 2,5 рази, а ячмінь – більш ніж у 5 разів. Інтенсивність поглинання мінеральних речовин різними рослинами неоднакова, г/см<sup>2</sup> поверхні кореня: гречкою – 39, просом – 22, ярою пшеницею – 13, ячменем – 7.

Гречка досить вибаглива культура до вмісту вологи в ґрунті. Коефіцієнт її водовикористання становить 500–600; він втричі вищий, ніж у проса, та вдвічі вищий, ніж у пшениці. Критичним щодо вмісту вологи є період від початку утворення плодів до їх побуріння. За нестачі вологи в ґрунті у гречки спостерігається зменшення тургору, загальне в'янення рослин, скручування і в'янення листків. Посуха, особливо під час цвітіння, порушує її водний баланс, а отже, і весь процес росту і розвитку рослин, спричинює так званий запал, коли під час цвітіння нові плоди не утворюються, а ті, що утворилися, припиняють свій розвиток.

На одиницю врожаю гречка виносить велику кількість поживних речовин, наприклад, з урожаєм 20 ц/га зерна вона виносить 90–100 кг/га азоту, 60–80 фосфору, 150–200 кг/га калію. Залежно від погодних умов винос поживних речовин дуже коливається. В соломі гречки міститься в 2,5–3 рази більше калію, фосфору і кальцію, ніж у соломі будь-якої іншої зернової культури, що свідчить про вибагливість гречки до наявності в ґрунті поживних речовин.



Протягом вегетації гречка поглинає поживні речовини нерівномірно. У перші півтора місяці (від сівби) вона поглинає більше половини необхідної кількості головних елементів живлення. До фази цвітіння у рослинах нагромаджується 55–65 % азоту, 60–70 калію та 40–45 % фосфору. Останній поглинається переважно у другій половині вегетації у фазі цвітіння та утворення плодів.

Добре забезпечення гречки азотом, фосфором і калієм сприяє кращому розвитку її кореневої системи, нагромадженню сухої речовини рослинами, збільшенню площі листків, підвищенню фотосинтезу та стійкості рослин проти несприятливих умов вегетації. Все це дає змогу формувати високий урожай з оптимальними показниками якості (М. М. Городній, 1986).

Безпосередньо під гречку гній не вносять. Це пов'язано з тим, що у вологе літо він затримує дозрівання зерна та значно підвищує масу соломи за його рахунок. Гречка добре використовує післядію органічних добрив, які були внесені під попередник. Позитивно впливає на врожай гречки використання зеленого добрива.

Важливим заходом у системі удобрення гречки є внесення мінеральних добрив (табл. 63). На дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтах гречка добре реагує насамперед на внесення азотних добрив, хоч їх ефективність залежить від погодних умов та рівня агротехніки. Крім того, азотні добрива підсилюють дію фосфорних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах. Ефективність фосфорних добрив досить висока на всіх ґрунтах, особливо на чорноземах. Дія калійних добрив на всіх ґрунтах порівняно слабка, при цьому вони нерідко знижують ефективність фосфорних та азотно-фосфорних добрив під час сумісного внесення. Гречка має слабку потребу в калійних добривах, оскільки вона здатна засвоювати запаси калію з будь-якого ґрунту.

Мінеральні добрива під гречку вносять восени під час основного обробітку ґрунту. На ґрунтах легкого гранулометричного складу в районах достатнього зволоження азотні добрива вносять навесні під культивування. Гречка добре реагує на внесення мінеральних добрив під час сівби в рядки. На дерново-підзолистих та опідзолених ґрунтах вносять азотно-фосфорні добрива ( $N_{10}P_{10-15}$ ), на

чорноземах глибоких – фосфорні ( $P_{10-15}$ ). Якщо до сівби гречки мінеральні добрива не вносили або внесли в недостатній кількості (а також в умовах достатнього зволоження на дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу), то у фазу бутонізації проводять підживлення азотними або азотно-фосфорними добривами в дозі  $N_{20-25}P_{25-30}$ . Підживлення гречки найчастіше проводять тільки азотними добривами ( $N_{20-25}$ ).

Під гречку в основне удобрення вносять такі добрива: із азотних – усі форми, крім хлориду амонію, який знижує її врожай через наявність хлору; з фосфорних – суперфосфат, а на кислих ґрунтах – фосфоритне борошно та мартенівський фосфатшлак; із калійних – безхлорні форми (сульфат калію, калімагнезію, калійно-магнісвий концентрат). За відсутності безхлорних калійних добрив можна вносити хлорид калію, але тільки восени під основний обробіток ґрунту; під час сівби в рядки та для підживлення вносять суперфосфат, аміачну селітру, амофос.

## 8.6. Живлення і удобрення сої

Одним із основних шляхів збільшення повноцінного та дешевого рослинного білка є розширення посівів сої – цінної білково-олійної культури, білок якої за амінокислотним складом подібний до білка тваринного походження. В 1 кг зерна сої міститься 170 г незамінних амінокислот, тоді як в зерні гороху – 87, а в зерні кукурудзи – 47 г. При врожайності зерна 25 ц/га можна отримати до 1 т протеїну, не враховуючи солому та полу, які також багаті на білок і можуть бути перероблені на корм для тварин.

Сою можна використовувати в хлібопекарній, кондитерській, консервній, м'ясній, молочній та в інших галузях харчової промисловості. Із дозрілого насіння сої виготовляють какао, каву, шоколад, цукерки, згущене та сухе молоко, морозиво, сир тофу, соуси, а із недозрілого – салати, консерви, варення. Сою вживають також у їжу в замороженому і в засмаженому вигляді.

Висока харчова і кормова цінність зерна цієї культури пояснюється тим, що в ньому міститься 27–47 % білка, 13–25 олії, 20–30 % вуглеводів, значна кількість мінеральних речовин і вітамінів, особливо С і РР. Перетравність і засвоюваність речовин насіння сої високі: перетравність олії – 94–100 %, білків – 77–92, вуглеводів – 79–100, загальна засвоюваність – 84–90 %. Протеїн сої майже не утворює в організмі пуринових основ, які спричинюють виникнення подагри. У фармакологічній промисловості сою використовують як сировину для виготовлення препаратів, що поліпшують діяльність головного мозку, а також для лікування діабету. В білках сої є гліцин і багато аспарагінової та глутамінової кислот, які досить стійкі у разі розкладання живої тканини. Це підкреслює можливість застосування сої у виробництві

Таблиця 63. Рекомендовані норми мінеральних добрив під гречку, кг/га

Ґрунт	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Полісся і Карпати</i>			
Дерново-підзолистий, сірий лісовий піщаний	30	60	60
<i>Лісостеп</i>			
Сірий лісовий	90	90	90
<i>Степ</i>			
Темно-каштановий солонцюватий	50	60	40



ві лікувальних препаратів для боротьби з ураженнями від радіоактивного опромінення. Із соєвої олії добуто речовини, близькі за своєю дією до статевих гормонів людини.

За енергетичною цінністю соєве борошно посідає перше місце серед багатьох культур: 100 г соєвого борошна дає 18,8 МДж, пшеничного – 17, гороху – 13,4, ячмінної крупи – 14,6, вівсяної – 16, гречаної – 14,4, пшона – 14,2, квасолі – 13,4, сочевиці – 14,2 МДж.

Компоненти зерна сої широко використовують у промисловості: соєва олія є сировиною для виготовлення мастил, мила, інсектицидів, лаків і фарб, пластмаси, штучного каучуку, стеарину, штучного пального, антисептичних речовин, гліцерину, лецитину, жирних кислот тощо; білок сої дедалі ширше застосовують у виробництві фарб, пластмас, штучного волокна, клею для просочування паперу, шліхт для пряжі тощо; соєвий казеїн застосовують як сировину для виробництва клеїв, водостійких фарб, лаку, паперу, мила, фотоплівок, рогових виробів тощо.

Соєа придатна для використання на корм тваринам у вигляді шроту, макухи, молока, вижимків, зеленого корму, сіна, сінного борошна, силосу, соломи, полови. Це дає змогу частину посівів, запланованих для одержання насіння, у посушливі роки чи у разі настання ранніх заморозків використати на зелений корм та силос і, навпаки, за дощового літа, коли своєчасно зібрати зелену масу чи сіно неможливо, залишити сою на насіння. У районах нестійких урожаїв насіння через посуху чи настання ранніх заморозків соєю вигідно використовувати у вигляді зеленого корму, сіна та силосу.

Як бобова рослина соєа є добрим попередником для вирощування інших культур у сівозміні. Вона поліпшує фізичні властивості ґрунтів і завдяки діяльності коренів і бульбичкових бактерій залишає їх у розпушеному стані, що підвищує поживний режим, сприяє очищенню полів від бур'янів, кращому проникненню вологи в ґрунт, одержанню високого врожаю культур, які вирощують після неї.

В Україні соєю на насіння можна вирощувати всюди, за винятком Полісся. Найсприятливішими районами для вирощування сої на насіння вважаються низинна зона Закарпаття, південні райони західного Лісостепу, південно-західні, центральні та південні райони правобережного Лісостепу, південні, східні та південно-східні райони лівобережного Лісостепу, західні, правобережні та лівобережні райони північного і центрального Степу. У цих районах можна вирощувати також досить високі врожаї зеленої маси сої. Добрі врожаї зеленої маси сої вирощують у північно-західному районі центрального Лісостепу та в північному районі правобережного Лісостепу. В південному Степу високі врожаї зерна сої вирощують лише в умовах зрошення.

Соєа – типова теплолюбна культура. Для нормального росту та розвитку сої залежно від сорту необхідна сума активних температур (понад 15 °C) 1600–3200 °C. Виведено ранньостиглі сорти сої, які дозрівають і формують високі врожаї при сумі активних температур 1600–2000 °C. Найбільш чутлива соєа до тепла під час проростання насіння, появи сходів, цвітіння та утворення бобів. Сприятлива для проростання насіння температура 12–14 °C. Найінтенсивніше соєа росте за температури 18–22 °C, проте за температурою нижче 15 або вище 35–36 °C розвиток її гальмується. Найсприятливіші температурні умови в період цвітіння та формування бобів створюються при 20–25 °C. Під час дозрівання потреба в теплі помітно знижується. Дозрівання нормально протікає при 14–16 °C. Осінні заморозки (мінус 1–1,5 °C) пошкоджують листки сої, внаслідок чого вегетація рослин припиняється.

Світло є одним з важливих факторів для регулювання багатьох процесів розвитку рослин сої. Соєа належить до рослин короткого дня і дуже реагує на зміну його тривалості. Ця культура особливо чутлива до зміни тривалості дня в період від утворення на рослинах достатньої для цього листової поверхні і до завершення цвітіння, коли уповільнюються ростові процеси і поживні речовини використовуються переважно на формування насіння. За короткого дня (менше оптимуму) знижується висота рослин, зменшується кількість вузлів і довжина міжвузлів, потовщується стебло, що зумовлюється уповільненням добового приросту маси і швидким завершенням цвітіння. З прискоренням строків цвітіння за короткого дня уповільнюються процеси досягання сої, тому листя і стебла її довго залишаються зеленими, іноді навіть після того, як достигли боби, утворюється багато бобів без насіння, отже, знижується врожайність. У посушливих районах усі ці явища посилюються тому, що розвиток кореневої системи сої під впливом короткого дня помітно пригнічується. Довгий день впливає на зниження темпів початкового і середнього періодів розвитку, на збільшення висоти рослин, числа вузлів і листків, подовження міжвузля та підвищення кількості зеленої маси. Темпи досягання прискорюються, в обмін речовин виникають різні відхилення, внаслідок чого багато квіток і бобів сої опадають, що призводить до зниження її врожаю.

Соєа вибаглива до вологості ґрунту. За вегетативний період вона витрачає в 3–4 рази більше води, ніж пшениця. Коефіцієнт водоспоживання сої становить 500–700. Найкращі умови для вирощування доброго врожаю насіння сої створюються тоді, коли протягом вегетації випадає 300–350 мм опадів, а відносна вологість повітря дорівнює 70–75 %. Життєвий мінімум для цієї культури становить 75 мм опадів. Досвід вирощування сої в Україні свідчить, що за високої культури землеробства можна збирати добрі врожаї цієї культури при кількості літніх опадів

менш як 250 мм, але за сприятливого їх розподілу. Відносна посухостійкість сої залежить від її здатності довше витримувати тимчасову нестачу води та високу температуру повітря і ґрунту.

Вимоги сої до вологи в різні фази вегетації неоднакові. Для проростання різних сортів сої потрібно вологи 90–100 % від маси насіння. Від появи сходів до початку цвітіння рослини менш вибагливі до вмісту вологи і відносно добре переносять посуху, проте потреба в ній зростає під час цвітіння та розвитку бобів. У цей період вони за добу випаровують у 2–3 рази води більше, ніж у період від появи сходів до цвітіння, і врожай сої значно знижується та погіршується якість насіння. Соя гірше переносить ґрунтову посуху, ніж повітряну. Надмірне перезволоження верхнього шару ґрунту на початку і наприкінці вегетації сої помітно знижує її врожай.

Соя можна вирощувати на всіх типах ґрунтів, крім заболочених, солончакових і солонців. Найбільш придатними для її вирощування є чорноземи, темно-каштанові, темно-сірі та сірі лісові ґрунти, які мають середній гранулометричний склад. Високі врожаї зерна сої збирають і на багатих на гумус та поживні речовини важкосуглинкових ґрунтах, якщо забезпечується достатня їх аерація. Малопродатні для вирощування сої піщані та супіщані ґрунти, які характеризуються низькою вологоємністю і малими запасами поживних речовин. Соя добре росте і дає високі врожаї на ґрунтах з  $pH = 5,5 \dots 8$ . Оптимальна реакція ґрунтового розчину становить  $pH = 6,5 \dots 7,5$ . Ґрунти, в яких  $pH$  вище 9 або нижче 4, без корінного поліпшення для вирощування сої непридатні. Хоча насіння в цих ґрунтах і проростає, але подальший розвиток рослин затримується. На ґрунтах з лужною реакцією соя росте краще, ніж сорго, просо, люцерна і бавовник, а на кислих – краще, ніж люцерна і конюшина. Вона вдається на осушених болотних ґрунтах за умови їх нейтралізації, зокрема на деяких типах торфовищ.

Ріст кореневої системи сої за швидкістю випереджає ріст стебла і має за інтенсивністю приросту перший максимум одразу після появи сходів, другий – у фазі розгалуження і на початку цвітіння. Бічне коріння сої відходить від стрижневого кореня спершу горизонтально до 40–70 см, а потім згинається і росте вниз на досить велику глибину. Чим менший об'єм кореневої системи, тим більше рослини залежать від умов навколишнього середовища, і, навпаки, чим глибше в ґрунт проникають корені рослин, тим легше вони витримують несприятливі коливання погоди.

Загальною властивістю для рослин сої є переважне формування кореневої системи у верхньому шарі ґрунту. В окремих рослин об'єм кореневої системи у верхніх шарах ґрунту (0–20 см) індивідуальний і знаходиться в інтервалі 65–83 % загального об'єму коренів у шарі ґрунту 0–70 см. Концентрація коре-

невої системи сої у верхніх шарах ґрунту створює певні труднощі для вирощування цієї культури тому, що досить тривале пересушування верхніх шарів ґрунту призводить до незворотної втрати функцій кореневої системи.

Соя за складом зерна та соломи відрізняється від інших сільськогосподарських культур, у тому числі й від зернових злаків, не тільки підвищеним вмістом азоту, а й досить високим вмістом фосфору, калію, кальцію, часто магнію і сірки. Особливо багато рослини сої виносять з урожаєм азоту. При врожаї 20 ц/га зерна та відповідної кількості соломи соя виносить, кг: азоту – 160, фосфору – 70, калію – 90, кальцію – 130, магнію – 100, сірки – 80. Зернові злаки порівняно з соєю витрачають у 2–2,5 рази менше азоту, в 1,5 фосфору, у 2,8 рази калію. Соя у своїй надземній масі порівняно з коренями нагромаджує приблизно вдвічі більше азоту, значно більше фосфору, калію, кальцію, магнію, сірки.

Нагромадження сухої речовини та потреба сої в елементах живлення визначаються її біологічними особливостями. Дослідами А. Т. Грицуна встановлено, що від появи повних сходів до початку утворення бобів (майже за половину вегетаційного періоду) у сої нагромаджується 22–24 % сухої речовини, а до початку цвітіння – лише 12–15 %. У цей період розвивається коренева система, маса якої до початку цвітіння в шарі ґрунту 0–40 см досягає понад 52 % надземної маси. Інтенсивне нагромадження сухої речовини відбувається за досить короткий час – від початку цвітіння до початку наливання насіння (20–25 діб), коли приріст їх становить 50–52 %, що й зумовлює несприятливі умови в живленні рослин. Далі приріст сухої речовини сої значно уповільнюється, і максимум сухих речовин спостерігається у фазі повної стиглості.

Поживні речовини надходять у сою нерівномірно. На початку вегетації їй необхідна невелика кількість елементів живлення. У міру розвитку і з наближенням до фази цвітіння вимоги її до живлення значно зростають. До цвітіння соя потребує відносно багато калію, менше азоту і ще менше фосфору – відповідно 25–32 %, 18–20 і 9–14 % усієї ввібраної кількості кожного елемента. Найбільше азоту (59 %), калію (62 %) і фосфору (53 %) засвоюється на початку наливання зерна. Потім засвоєння азоту і калію уповільнюється, але не припиняється до кінця вегетації. Надходження фосфору характеризується більшою рівномірністю, тому що рослина відчуває в ньому потребу під час усіх фаз свого розвитку (табл. 64). Найбільшу кількість азоту соя споживає у фазі цвітіння та формування бобів, калію – через 87–95 діб після появи сходів, кальцію і магнію – на 70–80-й день після появи сходів, сірки – у фазі формування бобів.

Соя добре реагує на внесення азотних добрив, особливо на ґрунтах легкого гранулометричного складу, які бідні на органічну речовину. На бідних ґрунтах у фазі появи сходів, поки ще не

Таблиця 64. Динаміка засвоєння соєю поживних речовин,  
% усієї ввібраної кількості кожного елемента (А. Т. Грищун)

Фон	Елемент живлення	Період розвитку і його тривалість		
		від появи сходів до цвітіння (45 діб)	від цвітіння до наливання насіння (31 доба)	від наливання насіння до досягання (40 діб)
Без добрив	N	18	59	23
	P	9	41	50
	K	25	61	14
	NPK	20	55	25
NPK	P	14	53	62
	K	32	62	6

почалося зв'язування азоту бульбочковими бактеріями, рослини сої часто бувають жовтими через нестачу азоту, тому що бактерії до цього часу є паразитами щодо сої. Внесення азоту в невеликих дозах перед сівбою або одночасно з нею дуже ефективне. Тому під сою доцільно вносити азотні добрива як на початкових фазах її розвитку, так і в період наливання бобів.

Особливо велика потреба сої у фосфорі. Від внесення фосфорних добрив на грунтах, які бідні на легкозасвоюваний фосфор, підвищується врожай насіння та вміст у ньому білків і фосфору. За нестачі фосфору спостерігається червонувате забарвлення листя, поверхнєве розташування коріння і слабе його розгалуження, зменшення квіток і бобів.

Соя чутлива до внесення калію на грунтах, бідних на цей елемент. Під впливом калію підвищується врожай і якість насіння сої, а за нестачі його в ґрунті на рослинах погано формуються боби, затримується досягання їх, на листках з'являється жовтувате з коричневим відтінком забарвлення і, як наслідок, знижується врожай.

Урожайність насіння сої та його якість зумовлюються співвідношенням кальцію і магнію у живильному середовищі. Це співвідношення має бути 1 : 1 або 1 : 0,5. Однобічне живлення сої кальцієм гальмує надходження калію і фосфору в насіння, а вплив магнію – протилежний дії кальцію. У разі збільшення в ґрунтовому розчині кількості кальцію порівняно з магнієм спостерігається передчасне обпадання листя, а у разі відносного підвищення вмісту магнію соя довше вегетує, листя її обпадає дуже повільно. Якщо співвідношення кальцію і магнію в насінні сої оптимальне, то зменшується антагонізм у процесах нагромадження білка та олій.

Для формування доброго врожаю соя використовує значно більше молібдену, ніж зернові культури. Наприклад, в 1 кг сухої речовини озимого жита або ячменю молібдену міститься близько 1 мг, а в сої – 25 мг. Молібден поліпшує азотний обмін у рослинах, бере участь в утворенні білка, підсилює процес

фотосинтезу, а також життєдіяльність бульбочкових бактерій. Молібден особливо ефективний на кислих ґрунтах, де  $pH < 5,5$ .

Особливістю живлення сої є висока здатність засвоювати вуглець з повітря листям і корінням, що свідчить про важливість для цієї культури сумісного внесення органічних і мінеральних добрив та посилення мікробіологічних процесів у ґрунті. У дослідках Г. К. Самохвалова одержано такі дані щодо нагромадження рослинами сої сухої речовини за різних способів живлення вуглекислим газом, % до контролю: живлення через листя – 119, через коріння – 113,4; у люпину ці показники становили відповідно 112,4 і 101,4.

Передовою практикою та науково-дослідними установами України встановлено, що в комплексі агротехнічних заходів під час вирощування сої провідна роль належить добривам. Соя добре реагує на внесення органічних і мінеральних добрив та бактеріальних препаратів. Розробляючи систему удобрення сої, треба враховувати, що, по-перше, ця культура добре використовує післядію органічних і мінеральних добрив, які вносять під попередники, по-друге, соя може задовольняти значну частину потреби в азоті (до 70 %) завдяки симбіозу з азотфіксуючими бактеріями. До того ж слід враховувати високу здатність її коренів до засвоєння мінеральних елементів живлення, які знаходяться в ґрунті у важкодоступній формі. Складність оптимізації умов живлення сої полягає в тому, що необхідно створити сприятливі умови для циклічного поєднання в її рослинах двох важливих процесів – фотосинтезу і біологічної фіксації азоту. Дуже важливо, щоб ці процеси відбувалися за високої інтенсивності, не гальмували один одного і сприяли виявленню потенційних можливостей цієї культури.

У лісостепових і степових районах України соя добре реагує на внесення гною та інших місцевих органічних добрив. Передовики сільського господарства вносять під осінню оранку 20–40 т/га напівперепрілого гною або навесні під першу культивування 10–15 т/га перегною-сипцю, 4–5 ц/га птишиного посліду і 3–4 ц/га попелу.

Соя дуже добре реагує на внесення мінеральних добрив, особливо коли азот, фосфор і калій вносять разом (табл. 65). В умовах України врожай зерна цієї культури від внесення мінеральних добрив підвищується на 20–50 %. Особливо ефективність мінеральних добрив підвищується в умовах зрошення, при поєднанні з гноєм і хімічними засобами захисту рослин.

Потреба сої в мінеральних добривах залежить від наявності в ґрунті поживних речовин. Багаторічні дослідження в Україні свідчать, що фосфорні добрива дають позитивний ефект при вмісті в ґрунті менш як 30–40 мг/кг ґрунту рухомого фосфору. Соя позитивно реагує на внесення калійних добрив при вмісті в ґрунті менш як 60–70 мг/кг ґрунту обмінного калію. За нестачі

Таблиця 65. Ефективність внесення мінеральних добрив під сою в умовах західного Лісостепу України (Турчанський)

Варіант досліду	Урожайність зерна, ц/га	Приріст урожаю, ц/га	Вміст, % на суху речовину		
			сирого протеїну	клітковини	олії
Контроль (без добрив)	15,5	–	37,8	5,75	19,5
N <sub>45</sub>	17,3	1,8	41,8	5,30	18,3
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	18,4	2,6	40,3	5,56	19,1
N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	19,1	3,6	40,9	5,48	18,9

чі легкорозчинних сполук азоту в ґрунті соя позитивно реагує на внесення азотних добрив.

Соя добре росте на чорноземних, темно-сірих і сірих лісових ґрунтах правобережної частини України. В східних районах вона часто пошкоджується посухою або заморозками. Розміщують її після озимих зернових культур, які вирощують після чистого пару. В цих умовах найефективніше поєднання гною і повного мінерального добрива. Норми добрив для удобрення сої залежать від типу ґрунту: на чорноземних ґрунтах вносять 20 т/га гною і повне мінеральне добриво – N<sub>30</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>, на темно-сірих і сірих лісових ґрунтах – 30 т/га гною і N<sub>45</sub>P<sub>70</sub>K<sub>90</sub>.

У західних районах Лісостепу сою розміщують переважно після цукрових буряків, кукурудзи на зерно та силос, під які вносять 30–40 т/га гною і повне мінеральне добриво. За строками збирання цих культур це не найкращі попередники для сої, проте під них вносять достатню кількість добрив, післядію яких добре використовує соя, до того ж завдяки застосуванню гербіцидів поля чисті від бур'янів. Орієнтовні норми мінеральних добрив такі, кг/га: азоту – 40–45, фосфору – 45–60, калію – 60–70.

У південній частині України сою вирощують переважно в умовах зрошення. Це пов'язано з тим, що тут у літні місяці достатня кількість тепла для її вирощування, однак лімітуючим фактором є наявність вологи. Врожаї зерна сої в цих районах без зрошення низькі і несталі. Високі врожаї сої вирощують лише за достатньої кількості поживних речовин у ґрунті, внесення добрив, ефективність яких в умовах зрошення набагато вища, ніж без зрошення. Орієнтовні норми добрив під сою такі:

Ґрунти	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Чорноземи звичайні	30	45
Південні	45	45
Темно-каштанові	60	60

В умовах зрошення найбільші врожаї зерна сої забезпечують азотні добрива. Фосфорні ефективніші за сумісного вне-

сення з азотними. Ефективність добрив у цих умовах залежить не тільки від правильного визначення їх норми для сої, а й від строку внесення. Фосфорні і калійні добрива застосовують під оранку або навесні під культивування на глибину 12–16 см, а азотні – навесні та для підживлення. Під час зрошення створюються сприятливі умови не тільки для використання рослинами сої поживних речовин мінеральних добрив, а й для мінералізації органічної речовини.

Для сої, як і для інших зернобобових культур, велику роль відіграє правильне поєднання основного, припосівного удобрення та підживлень. У разі основного внесення добрив не завжди повністю забезпечується потреба рослин в елементах живлення в період вегетації. Тому виникає потреба внесення їх під час сівби або для підживлення. Підживлення дуже ефективне тоді, коли на коренях рослин сої мало бульбочкових бактерій або вони нежиттєздатні. Основне добриво залежно від умов вирощування вносять під сою восени або навесні. Азотних добрив при основному внесенні треба вносити менше, ніж фосфорних. Азот найкраще вносити як підживлення, оскільки він при внесенні на початку вегетації не зберігається в ґрунті до періоду цвітіння, а в цей час азот особливо потрібний рослинам сої. Нині у багатьох господарствах проводять позакореневе підживлення сої у період наливання бобів. Позакореневе підживлення сої рекомендують проводити 3 %-м розчином сечовини для поліпшення якості зерна на початку утворення бобів. За великої кількості бульбочок на корінні сої підживлювати її азотом під час цвітіння недоцільно.

При вирощуванні сої досить ефективно вносити під час сівби фосфор у дозі P<sub>10-15</sub>, не допускаючи контактування насіння з мінеральними добривами. У разі контактування насіння сої з мінеральними добривами можуть зріджуватися сходи, тому їх вносять під час сівби комбінованими сівалками на 4–5 см убік і на 2–3 см глибше за насіння. Крім того, у разі безпосереднього контактування добрив з насінням не тільки знижується його схожість, а й послаблюється життєздатність бульбочкових бактерій.

Соя краще пристосована до живлення біологічним азотом, ніж азотом з ґрунтового розчину. На родючих ґрунтах вона дає високі врожаї і без інокуляції насіння, однак забирає з ґрунту багато азоту і цінність її як попередника знижується. Інокульоване насіння сої більш стійке до умов вирощування у початковий період розвитку. При добрій інокуляції (25–50 бульбочкових бактерій на рослину) соя засвоює з повітря понад 50 % необхідного їй азоту і залишає його в ґрунті близько 60 кг/га.

У природних умовах ґрунту бульбочкові бактерії не завжди є в достатній кількості навіть у старих місцях вирощування культури, а тому штучне зараження бульбочковими бактеріями

ми посівного матеріалу сої і в старих, і в нових районах сівби – важливий захід підвищення її врожайності. Найкращим способом є обробка насіння нітрагіном, який містить чисті культури бактерій. Внесення нітрагіну безпосередньо в ґрунт менш ефективне. Нітрагін треба використовувати свіжоприготовленим, доки бактерії не втратили своєї вірулентності, тобто поки вони здатні проникати через кореневі волоски в рослину і розмножуватися та мають високу активність засвоєння азоту.

Сприятливі умови для розвитку бактерій – достатнє освітлення, за якого підвищується інтенсивність фотосинтезу й утворення вуглеводів, добра аерація ґрунту і поліпшення його водно-фізичних властивостей. На нейтральних і слабколужних ґрунтах бульбочкові бактерії розвиваються краще, ніж на кислих. Критична кислотність ґрунту для соєвих бульбочкових бактерій настає при  $\text{pH} \leq 4,2$ . Фіксація азоту і надходження його в рослину найінтенсивніше відбуваються у фазі цвітіння та росту бобів за температури 24–28 °C і відносній вологості 40–60 %. Для розвитку і підвищення життєдіяльності бульбочкових бактерій необхідні фосфор, калій та інші поживні речовини, особливо манган, бор і молібден. Уведення їх до складу нітрагіну підвищує його ефективність, а кількість бактерій в 1 м<sup>3</sup> збільшується в 100–200 разів. Бульбочкові бактерії, як правило, знаходяться в орному шарі ґрунту, недалеко від поверхні.

Технологія інокуляції насіння сої така: гектарну норму свіжоприготовленого нітрагіну розбавляють в 1 л води, після чого отриманою суспензією обприскують насіння, а потім його обережно перемішують. Насіння обробляють нітрагіном у такому місці, яке захищене від прямих сонячних променів, тому що вони зумовлюють загибель корисних бактерій. Після підсихання насіння, не гаючи часу, вивозять у поле для сівби (в мішках або під брезентом), оскільки запізнення призводить до того, що на його оболонці дуже швидко зменшується кількість життєдіяльних бактерій.

Для удобрення сої придатні всі форми азотних, фосфорних і калійних добрив, що їх виробляє промисловість.

### 8.7. Живлення і удобрення гороху

Горох – цінна продовольча і кормова культура. Вирощують його в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, однак основні площі під цією культурою знаходяться в Лісостепу.

Важливою особливістю гороху є здатність його використовувати азот атмосфери. Це пов'язано з розвитком на його коренях бульбочкових бактерій. Отже, за сприятливих умов для розвитку бактерій, які фіксують азот, можна мати найбільшу віддачу від вирощування гороху і зернобобових культур.

У сівозмінах горох розміщують після озимих зернових, кукурудзи на зелений корм і силос, картоплі, льону, а в районах достатнього зволоження – після цукрових буряків. Горох найкраще росте та розвивається на чорноземах, сірих лісових і дерново-підзолистих ґрунтах суглинкового гранулометричного складу, які добре забезпечені головними елементами живлення. Малоприсади для вирощування гороху піщані та солонцюваті ґрунти.

Для нормального росту і розвитку гороху та бульбочкових бактерій необхідні оптимальні температура і вологість ґрунту, нейтральна або слабкокисла його реакція. При  $\text{pH} = 5,5$  і нижче ґрунт треба вапнувати (повна норма за гідролітичною кислотністю). На виробництві під горох вносять 1,5–2 т/га вапняку або 2–3 т/га дефекату. Дуже ефективно вносити під горох вапнякові матеріали, які містять магній.

Коренева система гороху розвинута добре, однак тонкі корені та кореневі волоски проникають у ґрунт на незначну глибину. Важливою особливістю кореневої системи гороху є здатність поглинати з ґрунту важкорозчинні форми фосфору при порівняно великій загальній потребі в цьому елементі живлення.

Горох – дуже вибаглива до наявності вологи культура. Коефіцієнт його водоспоживання коливається від 400 до 600. Оптимальна вологість ґрунту становить 70–80 % НВ. Критичним щодо наявності вологи є період від бутонізації до наливання зерна гороху. У разі надлишкового зволоження та низьких температур зерно його досягає пізніше, а в посушливі роки скорочується вегетаційний період. Близьке залягання ґрунтових вод горох витримує погано.

В урожаї гороху міститься значно більше поживних речовин, ніж при такому самому урожаї злакових зернових культур. Із урожаєм 20 ц/га зерна гороху з ґрунту виноситься, кг/га: азоту – 120–130, фосфору – 30–35, калію – 35–40. За складом зерна і соломи горох відрізняється від злакових культур підвищеним вмістом азоту, фосфору, калію, кальцію, часто – магнію і сірки. З урожаєм зерна виноситься 58–66 % азоту, 63–72 % фосфору та 53–58 % калію біологічного їх виносу. Основна кількість поживних речовин виноситься з господарським урожаєм, і лише незначна їх кількість залишається в кореневих та поживних рештках (азоту близько 12 %, фосфору – 9, калію – 10 % загального їх виносу).

Приріст сухої речовини і надходження елементів живлення в рослину гороху відбуваються нерівномірно. До фази двох пар справжніх листків нагромаджується близько 3 % сухої речовини від максимальної кількості. Після цієї фази приріст сухої речовини різко підвищується: до фази бутонізації горох нагромаджує близько 30 %, а до фази цвітіння – 40 % сухої речовини. Найінтенсивніше протікає ріст і розвиток гороху після цвітіння

ня у період наливання зерна. Максимальне нагромадження азоту і калію в рослинах спостерігається наприкінці цвітіння, фосфору – в період наливання зерна (С. О. Приступа). Ці особливості розвитку гороху треба враховувати під час складання системи його удобрення.

Гній безпосередньо під горох не вносять, він добре використовує післядію органічних добрив, які вносять під попередник. Добре реагує горох також на внесення мінеральних добрив, причому норми добрив залежать від ґрунтово-кліматичних умов вирощування (табл. 66).

Під горох вносять здебільшого фосфорно-калійні добрива. Фосфорні добрива краще впливають на горох на слабоокультурених ґрунтах, і особливо на чорноземах, калійні – на більш легких супіщаних та піщаних дерново-підзолистих і торф'яних ґрунтах. Фосфорно-калійні добрива вносять восени під основний обробіток ґрунту. Якщо восени їх не внесли, то вносять навесні під культивування на глибину 12–16 см.

За сприятливих умов азотфіксації горох може забезпечити свої потреби в азоті за рахунок засвоєння його з атмосфери. Однак загальне нагромадження азоту завжди переважає над кількістю азоту, який фіксується з атмосфери. Значну частину азоту, необхідного для формування врожаю, горох засвоює з ґрунту. Надземна частина врожаю гороху вивозиться з поля, тому після збирання врожаю нагромадження азоту в ґрунті не спостерігається, а в деяких випадках може бути навіть його зменшення.

На бідних дерново-підзолистих і слабоокультурених ґрунтах рослини гороху відчують нестачу азоту в ранній період росту та розвитку. Тому в таких випадках доцільно вносити навесні під культивування азотні добрива в нормі  $N_{20-30}$ . Більш високі норми добрив можуть знизити азотфіксацію горохом, призвести до інтенсивного розвитку вегетативної маси та затягування періоду вегетації.

Горох належить до рослин, які порівняно добре використовують запаси фосфору в ґрунті. Однак у початковий період росту і розвитку, доки у нього слабо розвинута коренева система, го-

Таблиця 66. Рекомендовані норми мінеральних добрив під зернобобові культури, кг/га

Ґрунти	N	$P_2O_5$	$K_2O$
<i>Полісся і Карпати</i>			
Дерново-підзолисті, сірі лісові суглинкові	–	60	60
Дерново-підзолисті, сірі лісові піщані	30	60	60
<i>Лісостеп</i>			
Світло-сірі, сірі лісові	30	60	60
<i>Степ</i>			
Темно-каштанові солонцюваті	–	60	40

рох добре реагує на внесення невеликої кількості засвоюваного фосфору ( $P_{10-20}$ ). Іноді під час сівби гороху вносять фосфорно-калійні добрива ( $P_{10-20}K_{10-20}$ ). При рядковому внесенні добрив застосовувати високі дози не можна у зв'язку з тим, що молоді ростки погано витримують високу концентрацію ґрунтового розчину. Безпосередньо перед сівбою насіння гороху обробляють ризоторфіном. Роблять це в закритому приміщенні або на критому току, куди не проникають прямі сонячні промені.

Під час вирощування гороху необхідно вносити мікроелементи, особливо молибден, який має велике значення у житті бульбачкових бактерій. Як молибденові добрива застосовують молибденізований суперфосфат, молибдат амонію або молибдат амонію-натрію.

Молибденізований суперфосфат вносять у рядки ( $P_{10-20}$ ), а молибдат амонію або молибдат амонію-натрію використовують для обробки насіння перед сівбою та для позакореневого підживлення. Норми молибдату амонію для передпосівної обробки насіння становить 20–30 г/ц насіння. Для вологої обробки насіння вказану кількість солі розчиняють в 1–2 л води; для сухої обпудрювання насіння молибдат амонію підсушують і старанно подрібнюють. Обробляють насіння у день сівби. Для позакореневого підживлення на 1 га витрачають 100–200 г молибдату амонію, який розчиняють у 200–300 л води при надземному обприскуванні або розчиняють у 100 л при авіаобприскуванні.

В основне удобрення під горох із азотних добрив використовують усі форми, із фосфорних – фосфоритне борошно, томасшлак; із калійних – переважно безхлорні форми. У рядки вносять суперфосфат (якщо можна, то з добавкою мікроелементів) і хлорид калію.

## 8.8. Живлення і удобрення цукрових буряків

Цукрові буряки можна вирощувати в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, однак найбільші площі вони займають у зоні Лісостепу.

Для росту цукрових буряків найсприятливіша близька до нейтральної або слабколужна реакція середовища ( $pH = 6,5 \dots 7,5$ ). Тому навіть слабкокислі дерново-підзолисті та сірі лісові ґрунти треба вапнувати. Норму вапнякових матеріалів вносять за повною гідролітичною кислотністю. Вапнякові матеріали (краще дефекат або вапно, що містить магній) вносять під цукрові буряки або попередник.

Коренева система цукрових буряків добре розвинута, використовує поживні речовини з різних шарів ґрунту і нагромаджує велику органічну масу. Вже через два місяці після сівби коренева система їх проникає на глибину 1–1,2 м, до кінця ве-

гетації – до 2–2,5 м та розростається в різні боки на 1 м і більше. У процесі вегетації цукрові буряки виносять досить велику кількість головних елементів живлення. Так, на 100 ц коренеплодів з урахуванням гички цукрові буряки використовують, кг: азоту – 33–50, фосфору – 10–18, калію – 40–60, кальцію – 15, магнію – 13, натрію – 9, бору – 0,4. Співвідношення поживних речовин  $N:P_2O_5:K_2O$  у врожаї найчастіше становить 1 : 0,2 : 1,3. Такі коливання елементів живлення зумовлюються різним співвідношенням коренеплодів і гички в різних умовах вирощування. Винос поживних речовин цукровими буряками залежить від удобрення, родючості ґрунту та погодних умов. Особливо помітні зміни співвідношення маси коренеплодів до маси гички під впливом високих норм азоту. Підвищення виносу поживних речовин з урожаєм цукрових буряків після внесення високих норм добрив пояснюється збільшенням урожаю гички і підвищенням вмісту в останній азоту, калію та інших елементів живлення.

Цукрові буряки використовують поживні речовини протягом усього вегетаційного періоду і в значно більшій кількості, ніж зернові культури. На початку росту і розвитку вони поглинають відносно невелику кількість азоту, фосфору і калію. У подальшому використання поживних речовин різко підвищується і досягає максимуму в основній зоні бурякосіяння в липні – серпні (табл. 67).

У розвитку цукрових буряків умовно виділяють три періоди: розвиток листків, ріст коренеплодів і нагромадження сахарози.

У початковий період розвитку цукрових буряків, коли їх коренева система розвинута ще слабо, в ґрунті необхідна наявність легкодоступних поживних речовин у безпосередній близькості до проростаючого насіння. Наявність у ґрунті достатньої кількості доступних поживних речовин забезпечує дружні сходи, підвищує стійкість рослин проти ураження хворобами і шкідниками. Дуже велике значення у цей час має розвиток проростків, оскільки нестача поживних речовин негативно впливає на подальший ріст і розвиток коренеплодів та нагромадження в них сахарози.

Таблиця 67. Засвоєння поживних речовин цукровими буряками, % максимального вмісту при врожаї 300 ц/га (Рамонська дослідна станція)

Елемент живлення	Час визначення						
	10 червня	1 липня	23 липня	15 серпня	1 вересня	20 вересня	5 жовтня
Азот	20	54	72	91	98	100	91
Фосфор	13	35	50	66	74	98	100
Калій	16	46	53	72	73	93	100

У період утворення і наростання листків велике значення має посилене азотне живлення. Чим краще цукрові буряки забезпечені азотним живленням, тим вищий врожай і вміст у коренях сахарози. Нестача азоту дуже впливає на врожайність цукрових буряків. Внесення азоту в більш пізні строки не компенсує раніше завданих втрат. Поєднане внесення у цей період азоту, фосфору і калію підвищує ефективність азотного живлення.

Під час росту коренеплодів і нагромадження в них сахарози зниження питомої маси азоту позитивно впливає на врожай та якість цукрових буряків. У цей період має бути помірне (для нормальної працездатності листків) азотне та посилене фосфорно-калійне живлення. Надлишок азоту в другий період вегетації цукрових буряків посилює ростові процеси, призводить до наростання гички і непродуктивного використання вуглеводів, що різко знижує вміст сахарози в коренеплодах. Посилене фосфорно-калійне живлення сприяє росту коренеплодів і нагромадженню в них сахарози.

Максимальна кількість елементів живлення споживається в липні та першій половині серпня. Коренева система цукрових буряків у цей час уже розміщується глибоко і використовує елементи живлення з добрив (допосівне внесення).

Важливе значення в живленні цукрових буряків має встановлення відповідних співвідношень між окремими елементами живлення в різні періоди їх росту та розвитку. Оптимальне співвідношення забезпечується внесенням органічних і мінеральних добрив та правильним поєднанням внесення основного й припосівного добрива та добрива для підживлення.

Цукрові буряки добре реагують на безпосереднє внесення і післядню гною та інших органічних добрив. Ефективність гною коливається залежно від ґрунтово-кліматичних умов, норми, місця його внесення в сівозміні тощо. Значення гною особливо велике в умовах достатнього зволоження, на еродованих ґрунтах з поганими фізичними властивостями (табл. 68).

Гній та інші органічні добрива вносять безпосередньо під цукрові буряки, якщо їх вирощують на опідзолених і змитих ґрунтах, в зоні достатнього зволоження під час зрошення, коли попередником є озима пшениця після багаторічних трав та коли планується виростити врожай 500 ц/га і більше. В умовах достатнього зволоження під цукрові буряки гній вносять у нормі 40–50 т/га, в районах нестійкого зволоження – 20–30 т/га. Для вирощування врожаю 500 ц/га і більше органічні добрива вносять безпосередньо під цукрові буряки навіть тоді, коли їх вносили під озиму пшеницю. Підстилковий гній вносять восени під основний обробіток ґрунту, рідкий гній іноді вносять і після оранки.

Основне внесення добрив є важливим джерелом живлення цукрових буряків протягом усієї вегетації. Орієнтовні норми мі-



Таблиця 68. Приріст урожаю коренеплодів цукрових буряків від застосування гною

Економічний район	Урожайність без удобрення, ц/га	Приріст урожаю, ц/га, при нормах внесення гною, т/га		Окупність 1 т гною приростом урожаю, кг	
		20	20-40	20	20-40
Без внесення мінеральних добрив					
По Україні	246	45	52	278	173
Донецько- Придніпровський	213	40	43	267	145
Південно-Західний	290	66	66	380	202
Південний	236	28	—	186	—
Після внесення мінеральних добрив					
По Україні	270	38	32	223	108
Донецько- Придніпровський	283	17	18	113	60
Південно-Західний	314	57	47	297	156
Південний	213	39	—	260	—

неральних добрив під цукрові буряки в різних ґрунтово-кліматичних зонах України наведені в табл. 69. Норми азотних добрив залежать від попередника – озимої пшениці, після якої висівають цукрові буряки. У ланці конюшина – озима пшениця – цукрові буряки норми азотних добрив зменшують на 20–30 кг/га. Оптимальна норма азотних добрив для цукрових буряків залежно від умов вирощування – 120–180 кг/га. Подальше підвищення норм добрив сприяє підвищенню врожаю, але знижує окупність одиниці добрива та вміст у коренеплодах сахарози. На ефективність фосфорних і калійних добрив впливає вміст у ґрунті рухомих форм фосфору і калію. Кожний кілограм фосфору і ка-

Таблиця 69. Орієнтовні норми внесення мінеральних добрив під цукрові буряки, кг/га (Б.С. Носко)

Ґрунти	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Полісся і Карпати</i>			
Дерново-підзолистий	170	140	190
Світло-сірий лісовий	150	160	180
Темно-сірий, чорнозем опідзолений	120	160	170
<i>Лісостеп</i>			
Чорнозем типовий	160	170	150
Чорнозем опідзолений, темно-сірий лісовий	170	160	180
<i>Степ</i>			
Темно-каштановий солонцюватий	130	150	140

лію, внесений з добривами, дає змогу додатково одержати відповідно 90 і 30 кг/га коренеплодів цукрових буряків. На ґрунтах з низьким забезпеченням рухомими поживними речовинами ефективність фосфорних і калійних добрив ще вища.

В умовах достатнього зволоження на ґрунтах легкого гранулометричного складу добрива вносять восени, під час сівби та проводять одне підживлення. Азотні добрива вносять навесні під культивування. В умовах нестійкого зволоження добрива вносять восени.

Найкращі умови живлення цукрових буряків протягом усієї вегетації, яка триває 150–180 діб, створюються за поєднаного застосування органічних і мінеральних добрив, особливо на легких супіщаних та важких ґрунтах, які мають властивість запливати. Цукрові буряки – культура, найбільш чутлива до поєднаного внесення гною і мінеральних добрив. У разі внесення гною дія азотних добрив зростає, а фосфорних і калійних – зменшується. Під час вирощування цукрових буряків на добре окультурених ґрунтах після удобрення гноєм попередників під них можна вносити тільки мінеральні добрива.

Для оптимального початкового живлення цукрових буряків добрива треба внести в рядки. Цей захід сприяє не тільки прискоренню росту та розвитку рослин на початку вегетації, а й підвищує опір рослин несприятливим умовам погоди, шкідникам і хворобам. У зв'язку з тим, що потреба цукрових буряків у поживних речовинах у перший період їх життя порівняно невелика і сходи цукрових буряків негативно реагують на підвищену концентрацію ґрунтового розчину (особливо в роки з посушливою весною), вносити в рядки високі дози добрив не можна. Під час сівби рекомендується вносити на дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтах N<sub>8-10</sub>P<sub>15</sub>K<sub>10</sub>, на чорноземах – P<sub>20</sub>. Разом з мінеральними добривами ефективно вносити сухий пташиний послід у нормі 30–50 кг/га. Внесення пташиного посліду забезпечує молоді проростки доступним фосфором, знижує концентрацію елементів живлення біля коренів, сприяє кращому їх використанню.

Підживлення поліпшує живлення рослин цукрових буряків у період, коли коренева система в них ще недостатньо розвинута і використання основного добрива обмежене. Підживлення цукрових буряків слід розглядати як допоміжний захід до основного та рядкового удобрення. Перенесення окремих доз добрив або їх поєднань з основного удобрення для підживлення здебільшого урожай цукрових буряків не підвищує. Перенесення всієї норми мінеральних добрив з основного для підживлення, як правило, супроводжується зниженням урожаю.

Підживлення насамперед треба проводити на неугноєних ділянках, де восени не було внесено мінеральних добрив. Це пояснюється тим, що у разі незадовільного удобрення для під-



живлення виявляється ефективніше. Проводять підживлення також і тоді, коли восени були внесені дози добрив, менші за рекомендовані. Цукрові буряки підживлюють тільки азотними добривами в дозі 30–60 кг/га, (якщо проводять два підживлення) і повним мінеральним у дозі 25–30 NPK. Для вирощування врожаю цукрових буряків 500 ц/га і більше проводять два підживлення: перше – азотними добривами, друге – повним мінеральним добривом. Раннє підживлення (зразу після прорідження сходів) значно ефективніше, ніж у пізніші строки. Підживлення, як правило, закінчують до змикання рядків. Якщо підживлення проводять у пізніші строки, то треба зменшувати дозу азотних добрив, щоб не затягувати дозрівання буряків. Важливе значення має глибина заробки добрив. Поверхнєве заробляння добрив у сухий ґрунт різко знижує їх ефективність. Тому глибоке заробляння добрив особливо важливе у посушливі роки.

Добрива, які вносять для підживлення, заробляють на глибину 10–12 см і більше. При цьому треба стежити за тим, щоб за робочими органами культиватора під час внесення добрив не утворювались щілини, які викликають втрати вологи та зниження ефективності добрив, особливо рідких азотних. Для підживлення цукрових буряків безводним аміаком використовують машини АБА-0,5М у комплексі з культиватором КРН-4,2. Добрива вносять на глибину 12–15 см.

Якщо під час основного обробітку ґрунту мінеральні добрива в рекомендованих дозах не внесли або внесли недостатньо, то їх необхідно внести навесні під передпосівну культивування на глибину 12–16 см. Однак ефективність такого заходу значно нижча, ніж при внесенні під основний обробіток ґрунту. Добрива, які надійшли в господарство після основного обробітку ґрунту, вносять при наступних осінніх обробках зябу. Під час внесення рідких азотних добрив на знаряддя ставлять допоміжні лапи для розпушування сліду від коліс трактора або проводять культивування ґрунту.

Часто під час вирощування цукрових буряків спостерігається зниження врожаю коренеплодів унаслідок нестачі в ґрунті магнію, яка не тільки обмежує вирощування високого врожаю, а й гальмує нагромадження в коренеплодах сахарози та підвищує вміст розчинного азоту. Нормальні умови магнієвого живлення створюються за умови систематичного застосування органічних добрив та магнієвмісних вапнякових матеріалів і калійних добрив. Якщо вміст рухомого магнію в ґрунті менший ніж 5 мг на 100 г ґрунту, то під оранку магнію треба вносити до 70 кг/га.

З усіх мікроелементів цукрові буряки найчутливіші до наявності в ґрунті бору. Нестачу цього мікроелемента вони відчують у разі вирощування на нейтральних, слабко-лужних і дуже провапнованих ґрунтах. На ґрунтах з низьким вмістом

рухомого бору (<0,2–0,3 мг/кг ґрунту) цукрові буряки добре реагують на внесення борних добрив. Здебільшого вносять боратовий суперфосфат, бормагнієві та інші борвмісні добрива з розрахунку 1–2 кг/га бору. Застосування борвмісних добрив підвищує врожай коренеплодів цукрових буряків і вміст у них сахарози, знижує захворювання рослин на гниль сердечка.

Під основний обробіток ґрунту вносять аміачну воду, безводний аміак і тверді азотні добрива. Найкращим азотним добривом для цукрових буряків є натрієва селітра. Інші тверді азотні добрива помітно поступаються їй і розташовуються в такому порядку: кальцієва селітра, сечовина, аміачна селітра, сульфат амонію. Із фосфорних добрив найкраще вносити суперфосфат, а на опідзолених ґрунтах – фосфоритне борошно і фосфатшлак, із калійних добрив – сирі калійні солі, які містять натрій, магній та деякі мікроелементи. Під цукрові буряки доцільно вносити комплексні мінеральні добрива (амофос, нітрофос, нітроамофоску), а також рідкі комплексні добрива.

Для внесення в рядки на всіх ґрунтах найкращим азотним добривом є натрієва селітра. Пояснюється це тим, що насіння цукрових буряків містить мало вугледодів і однобічне поглинання амонійної форми азоту може викликати отруєння молодих паростків. Крім того, для нормального росту та розвитку рослин поряд з калієм необхідний і натрій. Для рядкового удобрення можна використовувати й аміачну селітру, оскільки половина азоту в ній міститься в нітратній формі. Із фосфорних добрив використовують суперфосфат і боратовий суперфосфат, із калійних – хлорид калію або калійну сіль.

Для підживлення цукрових буряків із азотних добрив застосовують аміачну воду, аміачну селітру та сечовину, із фосфорних – суперфосфат, із калійних – хлорид калію або калійну сіль, а із комплексних – нітроамофоску.

## 8.9. Живлення і удобрення картоплі

Картопля – цінна продовольча, кормова і технічна культура. Основні площі картоплі займає на Поліссі та в Лісостепу, де умови для її вирощування найсприятливіші.

Картопля добре витримує кислу реакцію ґрунту, проте оптимальна реакція середовища для неї слабкокисла (рН=5...6). На ґрунтах, які потребують вапнування, картопля добре реагує на безпосереднє внесення повільнодіючих вапнякових матеріалів у помірних нормах. Після внесення повної норми вапнякового матеріалу за гідролітичною кислотністю картоплі може уражатись паршею, що знижує її товарні та продовольчі якості.

Коренева система картоплі розвинута слабо і розташована переважно в орному шарі ґрунту. В пізньо- та середньостиглих

сортів вона проникає глибше порівняно з ранньостиглими. У перший період росту коренева система картоплі погано засвоює важкорозчинні поживні речовини з ґрунту, що зумовлює підвищену чутливість картоплі на внесення добрив.

Картопля використовує значно більше поживних речовин, ніж зернові культури і льон, але менше, ніж цукрові буряки і кормові коренеплоди. З урожаєм 100 ц/га бульб та відповідної кількості бадилля виноситься, кг: азоту – 40–60, фосфору – 15–20, калію – 60–80, магнію – 18. В 1 т бульб картоплі міститься, кг: азоту – 4, фосфору – 2, калію – 6.

Поглинання азоту, фосфору і калію протягом вегетації картоплі відбувається нерівномірно. Найбільша кількість їх споживається картоплею в період бутонізації і цвітіння, що відповідає найбільшим приростам її надземної маси. У період бульбоутворення поглинуті рослинами поживні речовини витрачаються переважно на формування та ріст бульб. На період збирання в бульбах картоплі нагромаджується, %: азоту – 90, фосфору – 96, калію – 90 (загальної кількості у біомасі).

Для створення добре розвинутого бадилля картоплі у період від появи сходів до бульбоутворення необхідне підсилене азотне живлення. Однак надлишкове, особливо однобічне, живлення азотом після цвітіння зумовлює інтенсивний ріст бадилля, затримує відтік вуглеводів у бульби, гальмує їх ріст і нагромадження в них крохмалю. Низькі дози азотних добрив, навпаки, затримують розвиток бадилля та надходження в рослини фосфору і калію.

У перший період вегетації картоплі має бути забезпечене оптимальне фосфорне живлення рослин. Достатнє фосфорне живлення підвищує розвиток бульб картоплі, стійкість їх проти ураження паршею та механічних пошкоджень, забезпечує підвищений вихід бульб середніх розмірів.

Калійне живлення картоплі має велике значення як у період формування бадилля, так і під час утворення та росту бульб. Нормальне калійне живлення збільшує вміст крохмалю в бульбах та їх стійкість проти пошкоджень, знижує вміст розчинних вуглеводів у бульбах і підвищує їх лежкість. У разі нестачі калію затримується відтік вуглеводів з листків у бульби та зменшується вміст у них крохмалю. Якщо рівень калійного живлення картоплі до періоду бутонізації був достатньо високим, то зниження його в наступні періоди істотно не впливає на врожай бульб. Це пояснюється тим, що під час старіння бадилля відбувається відтік калію у бульби, що забезпечує потребу їх у цьому елементі живлення.

Для формування врожаю бульб картоплі велике значення має магній. Він позитивно впливає на бульботворення та синтез у бульбах крохмалю. За достатнього живлення рослин магнієм знижується негативний вплив підсиленого живлення азотом.

Нестача магнію особливо виявляється на ґрунтах легкого гранулометричного складу.

Слабкорозвинута коренева система і велике нагромадження в урожаї поживних речовин зумовлює підвищену реакцію картоплі на внесення добрив. Дія добрив на врожай та якість бульб значною мірою залежить від гранулометричного складу і родючості ґрунту, сортових особливостей та агротехніки.

Картопля добре реагує на внесення органічних добрив. Це пояснюється тим, що її потреба в поживних речовинах на початку вегетації незначна, а потім поступово збільшується. Максимальною вона буває в липні – серпні, коли поживні речовини внесених мінеральних добрив під картоплю майже вичерпані. Після внесення органічних добрив рослини поступово у міру їх мінералізації забезпечуються елементами живлення протягом вегетації. В органічних добривах співвідношення елементів живлення відповідає біологічним особливостям картоплі. Спостерігається добра чутливість картоплі на внесення гною на всіх ґрунтах (табл. 70), але найбільші прирости врожаю від гною одержують на дерново-підзолистих ґрунтах, особливо піщаних та супіщаних. На цих ґрунтах застосування органічних добрив є обов'язковим заходом, оскільки без внесення гною високий урожай бульб картоплі виростити важко або взагалі неможливо.

Найвища окупність 1 т гною приростом урожаю бульб картоплі спостерігається при внесенні його в нормі 30 т/га. При внесенні вищих норм органічних добрив урожайність картоплі збільшується, однак окупність 1 т гною приростом врожаю знижується. За наявності достатньої кількості органічних добрив норму їх під картоплю можна збільшити до 45–60 т/га. Із підвищенням родючості ґрунту ефективність органічних добрив знижується. Середня норма гною під картоплю на дерно-

Таблиця 70. Приріст урожаю картоплі від застосування гною

Економічний район	Урожайність без удобрення, ц/га	Приріст урожаю, ц/га, при нормах внесення гною, т/га		Окупність 1 т гною приростом урожаю, кг	
		20	20—40	20	20—40
Без внесення мінеральних добрив					
По Україні	135	29	66	192	220
Південно-Західний	139	38	66	251	220
Південний	132	20	—	133	—
Після внесення мінеральних добрив					
По Україні	144	5	30	30	197
Південно-Західний	178	4	30	27	197
Південний	110	5	—	33	—

во-підзолистих і опідзолених ґрунтах Полісся – 50–60 т/га, в районах стійкого зволоження Лісостепу – 40–50 т/га, недостатнього зволоження – 20–35 т/га.

Найвищі врожаї картоплі вирощують за поєднаного внесення органічних і мінеральних добрив. Половина норми органічних і половина норми мінеральних добрив забезпечують більш високі прирости врожаю, ніж при внесенні повної норми органічних або повної норми мінеральних добрив. Особливо ефективно поєднання органічних і мінеральних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах та при внесенні слабкорозкладеного гною.

При поєднанні цих видів добрив під картоплю мінеральні добрива забезпечують рослини елементами живлення на початку вегетації, а органічні – у більш пізні строки. На дерново-підзолистих ґрунтах з середнім вмістом калію в поєднанні з гноєм вносять повне мінеральне добриво або азотно-фосфорні, або тільки азотні добрива. Це пояснюється тим, що з гною рослини використовують у перший рік більше калію та фосфору, а на другий рік – більше азоту. Орієнтовні норми мінеральних добрив, які рекомендується вносити під картоплю з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, наведено в табл. 71.

Картопля, порівняно з іншими культурами, краще реагує на мінеральні добрива залежно від сортів особливостей. За чутливістю на мінеральні добрива, особливо на азотні, картоплю поділяють на сорти, які реагують на норми азоту понад 100 кг/га, і сорти, які не реагують на норму азоту понад 60–80 кг/га. Це треба враховувати під час внесення під картоплю мінеральних добрив, особливо азотних.

Під звичайні сорти картоплі на фоні 30 т/га гною рекомендується вносити: на дерново-підзолистих ґрунтах  $N_{60-90}P_{60}K_{90-120}$ ; на сірих і темно-сірих лісових ґрунтах і чорноземах опідзолених  $N_{60-90}P_{60}K_{60-90}$ . Якщо під попередник було внесено гній, то

Таблиця 71. Орієнтовні норми мінеральних добрив під картоплю, кг/га (Б. С. Носко)

Ґрунт	N	$P_2O_5$	$K_2O$
<i>Полісся і Карпати</i>			
Дерново-підзолистий, сірий лісовий суглинковий	90	70	120
Дерново-підзолистий, сірий лісовий піщаний	120	90	150
Дерново-карбонатний	90	60	120
<i>Лісостеп</i>			
Чорнозем типовий <sup>1</sup>	45	60	60
Сірий лісовий <sup>1</sup>	60	90	90

<sup>1</sup> Застосування мінеральних добрив на фоні гною.

під картоплю вносять тільки мінеральні добрива, але в дещо підвищених нормах: на темно-сірих лісових і чорноземах опідзолених  $N_{90}P_{60-90}$ , на чорноземах глибоких  $N_{60-90}P_{60-90}K_{60}$ .

Для вирощування високоврожайних сортів картоплі (300–350 ц/га) норма органічних і мінеральних добрив збільшується. Органічні добрива вносять у нормі 40–60 т/га, мінеральні – на дерново-підзолистих, сірих та темно-сірих лісових ґрунтах  $N_{140}P_{90}K_{180-200}$ , а на чорноземах опідзолених –  $N_{100-120}P_{60-80}K_{150-160}$ . Більш оптимальне співвідношення  $N : P_2O_5 : K_2O$  для звичайних сортів 1 : 0,8–1 : 1,2–1,5, для високопродуктивних – 1 : 0,8 : 1,5–1,8.

У разі удобрення картоплі певного сорту важливо вносити добрива в оптимальних нормах. При цьому для одержання високоякісних бульб треба чітко витримувати рекомендовані співвідношення між окремими елементами живлення в добривах, що вносяться.

Гній та інші органічні добрива, фосфорні і калійні мінеральні добрива краще вносити восени під зяблеву оранку. Азотні добрива доцільно вносити навесні під переорювання зябу або передпосадкову культивування. Амонійні та аміачні добрива можна вносити і восени. На легких піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах усі мінеральні добрива доцільно вносити навесні, щоб уникнути їх втрат унаслідок вимивання. В умовах нестійкого зволоження на чорноземах усі мінеральні добрива слід вносити восени під основний обробіток ґрунту.

За недостатнього внесення мінеральних добрив восени під оранку ефективно їх внесення під час садіння картоплі, що забезпечує молоді рослини елементами живлення, особливо фосфором. Під час садіння доцільно вносити азотні та в першу чергу фосфорні добрива. Внесення калійних добрив здебільшого неефективне тому, що молоді рослини на початку вегетації задовольняють свої потреби за рахунок калію, який міститься у значній кількості в бульбах. Оптимальна доза фосфору та азоту для внесення під час садіння –  $N_{20}P_{20}$ . На ґрунтах з низьким вмістом обмінного калію доцільно вносити і калійні добрива.

Якщо картоплю вирощують на ґрунтах легкого гранулометричного складу і до садіння добрива внесли в недостатній кількості, то ефективно її підживлення. На легких ґрунтах можна проводити два підживлення азотними добривами і повним мінеральним добривом у дозі по 20–30 кг/га NPK. За недостатнього внесення мінеральних добрив до садіння проводять підживлення повним мінеральним добривом. Найефективніше раннє підживлення після появи сходів картоплі під час проведення першої міжрядної обробки. Більш пізні підживлення менш ефективні. Для пізніх сортів картоплі проведення піджив-

лення ефективніше, ніж для ранніх: для звичайних сортів рекомендується доза 20–30 кг/га, для високопродуктивних – 45–60 кг/га. У Лісостепу за наявності мінеральних добрив до основного обробітку ґрунту їх доцільно вносити одноразово.

Під картоплю вносять усі форми азотних добрив. На кислих ґрунтах поряд з внесенням суперфосфату в основне удобрення можна вносити фосфоритне борошно, а також інші фосфорні добрива. З калійних добрив найкращими формами є безхлорні. На ґрунтах легкого гранулометричного складу особливо ефективні калійно-магнієві добрива, тому що ці ґрунти бідні на магній. За нестачі калійно-магнієвих добрив можна використовувати хлорид калію, але вносити його слід з осені, щоб хлор встиг вимитися. Хлорвмісні добрива більше впливають на якість бульб, не знижуючи врожайності картоплі. На чорноземах хлорид і сульфат калію за ефективністю однакові. Під час садіння картоплі вносять аміачну селітру, гранульований суперфосфат і калійно-магнієві добрива. Для підживлення картоплі використовують аміачну воду, суперфосфат, безхлорні калійні добрива, нітрофоску або нітроамофоску. Крім того, для підживлення картоплі можна використовувати гноївку (5–10 т/га) та пташиний послід (5–8 ц/га), які вносять у ґрунт під час розпушування міжрядь.

## 8.10. Живлення і удобрення льону-довгунця

Льон – важлива технічна культура, яку вирощують у зоні Полісся. Для його вирощування найкращими ґрунтами за гранулометричним складом є середньо- та легкосуглинкові. Оптимальна реакція ґрунтового розчину для льону  $\text{pH}=5,5\ldots 6,5$ . У разі більшої кислотності льон зазнає токсичної дії іонів алюмінію. Вміст рухомого алюмінію в кількості понад 2 мг на 100 г ґрунту негативно впливає на ріст і розвиток льону.

Для формування врожаю льон використовує меншу кількість елементів живлення порівняно з іншими польовими культурами. Однак він дуже вибагливий до наявності в ґрунті достатньої кількості елементів живлення в легкозасвоюваній формі. Це пояснюється тим, що коренева система його розвинута по-гано і знаходиться у верхньому шарі ґрунту. Вона має малорозгалужений стрижневий корінь. Це один з факторів, який зумовлює підвищені вимоги льону до вмісту в ґрунті поживних речовин у легкозасвоюваній формі. Крім того, коренева система льону має досить слабку здатність засвоювати поживні речовини з важкодоступних сполук. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов, сорту та агротехніки вирощування винос поживних речовин з урожаєм льону дуже коливається. На 10 ц волокна з урахуванням насіння льон використовує 50–120 кг

азоту, 15–60 фосфору та 60–120 кг калію (в середньому відповідно 70–80, 30–40, 80–100 кг).

Льон дуже чутливий до нестачі вологи в ґрунті. Так, за незначної посухи ґрунту використання ним поживних речовин з ґрунту і добрив різко погіршується (табл. 72).

У живленні льону виділяють два найвідповідальніші періоди: від появи сходів до фази ялинки і від фази ялинки до фази бутонізації.

У перший період льон росте слабо і використовує мало елементів живлення. У цей час з'являються тільки елементарні волокна та луб'яні пучки, спостерігається інтенсивний розвиток кореневої системи, який супроводжується утворенням нуклеотидів. Тому перші три тижні росту льону є критичними щодо фосфорного живлення. Нестача фосфору в цей період призводить до незворотних порушень біохімічних процесів у рослині, що впливає на розвиток льону та формування врожаю. За нестачі фосфору знижується стійкість рослин проти захворювань, зменшується кількість елементарних волокон і луб'яних пучків. Отже, фосфорні добрива підвищують урожай льону та поліпшують його якість (підвищується довжина, міцність і вихід волокна).

Другий період характеризується інтенсивним ростом льону. Починаючи з фази ялинки, посилюється ріст стебел, збільшується кількість листків та елементарних волокон і луб'яних пучків. У зв'язку з посиленням ростом (триває два тижні) льон інтенсивно використовує елементи живлення. За цей досить короткий період він поглинає більше половини поживних речовин. Якщо до фази ялинки льон поглинає азоту 36 %, фосфору 15 та калію 12 %, то до фази бутонізації – відповідно 84 %, 79 та 71 % максимальної кількості.

Найбільше значення в живленні рослин льону у період його інтенсивного росту має азот. При внесенні на дерново-підзолистому ґрунті в однакових нормах азоту, фосфору та калію в цей

Таблиця 72. Вплив рівня зволоження на використання льоном поживних речовин з ґрунту і добрив, %

Елемент живлення	ГТК червня–липня	
	0,5–1,0	1,5–2,4
<i>Коефіцієнт використання елементів з ґрунту</i>		
Фосфор	11,2	17,7
Калій	29,6	37,8
<i>Коефіцієнт використання елементів з добрив</i>		
Азот	35,5	61,5
Фосфор	7,3	13,3
Калій	23,3	61,5

час висота рослин льону від живлення азотом, фосфором і калієм відповідно збільшилась на 10, 7,3 і 3,3 см. Тому цей період є критичним у живленні льону азотом. Нестача азоту затримує ріст, знижує врожай волокна та його якість. Однак надмірне однобічне живлення льону азотом може спричинити зниження стійкості рослин проти ураження хворобами, пухке розташування елементарних волокон і луб'яних пучків, потовщення та розгалуження стебел і вилягання рослин, що призводить до зменшення виходу волокна та зниження його якості.

На ріст льону калій впливає менше, ніж азот і фосфор, однак він значно впливає на формування внутрішньої структури його стебел. Калій забезпечує посилений синтез вуглеводів і переміщення їх з листків у стебла, де вони є джерелом утворення геміцелюлози та целюлози. Отже, калій сприяє формуванню міцності, гнучкості та номерності волокна льону. За нестачі калію (в період від фази злиски до фази цвітіння) елементарні волокна утворюються овальні з великими просвітами і тонкими стінками, луб'яні пучки формуються пухкі, волокно легке та грубе, тобто різко знижується якість волокна льону.

Для нормального росту і розвитку льону важливе значення має вміст у ґрунті рухомого бору. Значення його зводиться до створення сприятливих умов для розвитку судинної системи льону, внаслідок чого забезпечується нормальний транспорт вуглеводів, підвищується стійкість рослин проти ураження бактеріозом. Крім того, бор позитивно впливає на запліднення, формування і досягання насіння льону. Нестачу рухомого бору рослини льону особливо відчують на ґрунтах, які мають  $\text{pH} = 6,6 \dots 7,5$ , тому що при такій реакції ґрунтового розчину знижується надходження бору в рослини у зв'язку зі зменшенням його рухомості.

Під час вирощування льону на торф'яних ґрунтах нормальний процес окисно-відновних реакцій у клітинах рослин зумовлюється вмістом міді. Нестача в ґрунті міді порушує ці процеси, у зв'язку з чим знижується врожай льону навіть за доброї забезпеченості рослин поживними речовинами.

Досить короткий період надходження більшої частини елементів живлення, слабкорозвинута коренева система, яка характеризується низькою здатністю засвоювати елементи живлення з важкодоступних сполук, характеризує льон як рослину дуже вибагливу до поживного режиму ґрунту. Тому високі стійкі врожаї льону можна вирощувати лише на родючих, заправлених добривами ґрунтах.

Система удобрення льону складається з основного та рядкового внесення добрив і підживлення.

Льон добре реагує на наявність органічної речовини в ґрунті. Органічні добрива в сівозміні, особливо слабкорозкладені, вносять під попередник льону, щоб він використовував їх піс-

лядію. Внесення свіжого або слабкорозкладеного гною під льон знижує якість волокна. Нерівномірний розподіл такого гною на поверхні поля викликає неоднорідність і нерівномірний розвиток та дозрівання льону, а також забур'яненість його посівів. Під час вирощування льону на дерново-підзолистих ґрунтах добрі наслідки дає внесення безпосередньо під льон добре розкладеного гною або перегною після рівномірного розподілу його на поверхні поля.

Найвищі прирости врожаю одержують після внесення гною під попередник, а мінеральних добрив – під льон. Внесення повного мінерального добрива під льон, а органічних добрив під попередник забезпечує одержання приросту врожаю соломки 4–5 ц/га.

Високі та стійкі врожаї льону одержують у разі внесення повного мінерального добрива. Льон після бобових попередників добре реагує на внесення помірних норм азотних добрив ( $\text{N}_{20-30}$ ), якщо норми фосфорних і калійних добрив становлять  $\text{P}_{60-90}\text{K}_{90-120}$ .

При розміщенні льону після озимих або картоплі значення азоту для його живлення дуже зростає і його норму підвищують. Для льону найсприятливіше співвідношення елементів живлення  $1 : 2 \dots 3 : 3 \dots 4$ . Оптимальною нормою мінеральних добрив є  $\text{N}_{20-45}\text{P}_{60-90}\text{K}_{90-120}$ . Порушення оптимального співвідношення елементів живлення у добривах, особливо внесення високих норм азоту, призводить до зниження врожаю та його якості – знижується вихід і номерність волокна.

Норму азоту встановлюють залежно від попередника і рівня врожайності. Льон вирощують переважно після багаторічних трав, картоплі і зернових культур. Наприклад, якщо попередником льону була конюшина, то норми азоту коригують так. За врожайності сіна конюшини понад 40 ц/га вносять добрива в нормі  $\text{N}_{15}$  або не вносять зовсім тому, що за такої врожайності конюшини в ґрунті нагромаджується стільки азоту, що його досить для вирощування 8–10 ц/га волокна. Якщо врожайність сіна конюшини менша ніж 40 ц/га, доцільно вносити добрива в нормі  $\text{N}_{20-25}$ . За врожайності сіна конюшини 20–30 ц/га норму добрив збільшують до  $\text{N}_{30-45}$ .

Після добре угноєної картоплі під льон рекомендується вносити  $\text{N}_{20-30}$ , а після зернових культур –  $\text{N}_{30-50}$ . Норма азоту добрив змінюється також залежно від окультуреності ґрунту: на високоокультурених ґрунтах під льон доцільно вносити  $\text{N}_{30}$ , на середньоокультурених –  $\text{N}_{40}$ , а на слабкоокультурених –  $\text{N}_{50}$ .

Норми фосфорних і калійних добрив під льон залежать від вмісту цих елементів живлення в ґрунті. За середнього їх вмісту в ґрунті вносять  $\text{P}_{80}\text{K}_{90}$ , а у разі зміни вмісту фосфору та калію ці норми коригують, збільшуючи або зменшуючи їх.

Значення мінеральних добрив у формуванні врожаю льону дуже велике і різко зростає в роки з достатнім зволоженням (табл. 73). У роки з нормальним або підвищеним зволоженням дія азоту може зростати в 2,4 рази, фосфору – в 1,6, калію – в 2,6 рази.

Добрі результати одержують після внесення під льон гноївки (10–15 т/га), птишиного посліду (6–10 ц/га) та попелу (6–8 ц/га). Попіл краще вносити до сівби, гноївку та птишиний послід можна вносити як до сівби, так і для підживлення.

Під час вирощування льону важливе значення мають строки внесення добрив. Фосфорні та калійні добрива доцільно вносити восени під оранку, а азотні – навесні під культивування. Під час внесення добрив особливу увагу треба звертати на рівномірність внесення та гомогенність їх у ґрунті, що запобігає неоднорідності посівів.

Під час сівби льону ефективне внесення фосфорних добрив. Молоді проростки льону дуже чутливі до підвищеної концентрації ґрунтового розчину та кислотності суперфосфату. Тому фосфорні добрива слід вносити на деякій відстані від насіння. При сівбі льону добрі наслідки дає внесення боратного суперфосфату комбінованою туковою сівалкою.

Якщо внесення азотних добрив до сівби було недостатнє, то ефективне проведення підживлення посівів азотними добривами у фазу ялинки. Оптимальна доза  $N_{25-30}$ . Підживлення азотними добривами часто поєднують із внесенням гербіцидів.

На ґрунтах, які містять рухомої міді менш ніж 3,5 мг/кг ґрунту, під льон вносять мідьмісні добрива: піритні недогарки 2,5–3 ц/га восени під оранку або сульфат міді – 20–25 кг/га. Для передпосівної обробки насіння льону використовують 0,05 %-й розчин борної кислоти, 0,02 %-й розчин сульфату міді або 0,03 %-й розчин сульфату цинку. Оптимальна норма бору для льону залежно від умов вирощування 0,5–1 кг/га. Особливо потрібно вносити бормісні добрива на ґрунтах, на яких проведено вапнування.

Таблиця 73. Ефективність мінеральних добрив у різні роки залежно від зволоження

ГТК за червень-липень	Урожай волокна, т/га		Частка участі добрив у врожаї, %	Приріст урожаю, т/га, від		
	без добрив	НРК		азоту	фосфору	калію
Посушливі роки						
0,6–1,0	0,36	0,47	23	0,05	0,08	0,08
Дощові роки						
1,5–2,3	0,75	1,08	31	0,12	0,13	0,21

У разі вирощування льону на торф'яних ґрунтах вносять фосфорно-калійні добрива. Так, на слабоокультурених торф'яних ґрунтах вносять  $P_{90}K_{120}$ , а на добре окультурених –  $P_{60}K_{120}$ .

Ефективність добрив та якість врожаю льону значною мірою залежать від правильного підбору форм добрив. Із азотних добрив найкращими є аміачні, амонійні та амідні форми, які сприяють більшому накопиченню целюлози, ніж нітратні. Тому під льон, як правило, вносять сечовину, аміачну селітру, сульфат амонію, аміачну воду.

З фосфорних добрив, які вносять під льон на ґрунтах з підвищеною кислотністю, можна поєднувати фосфоритне борошно і суперфосфат. При цьому слід враховувати, що, незважаючи на здатність льону рости на кислих ґрунтах, він погано засвоює елементи живлення з важкодоступних форм. Тому роблять так: при  $pH=5...5,5$  вносять половину дози (основного удобрення) суперфосфату і половину дози фосфоритного борошна; при  $pH<5$  вносять 25 % суперфосфату та 75 % фосфоритного борошна; при  $pH>5,5$  вносять 75 % суперфосфату та 25 % фосфоритного борошна. На початку свого розвитку рослини льону використовують фосфор із суперфосфату, а потім – із фосфоритного борошна.

Найкращою формою калійного добрива під льон є сульфат калію. Можна використовувати й інші безхлорні добрива. При нестачі безхлорних добрив використовують хлорид калію, який вносять (обов'язково) восени під оранку. Систематичне внесення хлормісних добрив призводить до накопичення в ґрунті хлору, який негативно впливає на врожай льону та його якість. Негативна дія іонів хлору на льон посилюється дією іонів кальцію. Підвищена концентрація хлориду кальцію у ґрунтовому розчині помітно зменшує утворення волокна в стеблах та погіршує його якість.

При сівбі льону в рядки вносять суперфосфат, бажано боратовий, для підживлення використовують аміачну селітру та борну кислоту.

## 8.11. Живлення і удобрення соняшнику

Соняшник – найважливіша олійна культура. Основні площі він займає в зоні Степу.

Найпридатнішими для вирощування соняшнику є чорноземні, каштанові та сірі лісові ґрунти. Погано росте він на піщаних і солонцюватих ґрунтах та ґрунтах важкого гранулометричного складу, які повільно прогріваються.

Соняшник має добре розвинуту стрижневу кореневу систему, яка проникає на глибину 2–3 м і більше. Незважаючи на те, що ця культура вважається посухостійкою, для вирощування

високих урожаїв вона потребує наявності певних запасів волог у ґрунті. Коефіцієнт його водоспоживання становить 600. Найбільшу кількість води (близько 60 % від загальної кількості) соняшник використовує у період від початку утворення суцвіть до цвітіння, коли інтенсивно ростуть стебла та листки. У цей період рослини використовують вологу з підорного шару ґрунту, а в посушливі роки – навіть з глибини 100 см і більше.

Високі врожаї соняшнику одержують після озимих, які вирощують після чорних і зайнятих парів, після кукурудзи і зернобобових. Непоганими попередниками є яра пшениця, овес, картопля.

Загальна кількість елементів живлення, що використовується на формування надземної маси соняшнику, досягає значної величини, яка залежить насамперед від розміру врожаю і визначається конкретними ґрунтово-кліматичними, агротехнічними і організаційно-господарськими умовами. За загальним виносом з урожаєм азоту і фосфору соняшник має перевагу над багатьма іншими польовими культурами, а за виносом калію йому взагалі немає рівних. На утворення 20 ц/га насіння з відповідною кількістю листостеблової маси він витрачає, кг/га: азоту – 120, фосфору – 50, калію – 250. Залежно від багатьох факторів зовнішнього середовища, насамперед від конкретних гідротермічних умов, наведені величини можуть змінюватись. Вміст азоту, фосфору і калію в насінні соняшнику значною мірою залежить від кількості опадів: у дощові роки в насінні нагромаджується в 1,5–1,8 рази більше фосфору, ніж у посушливі. Для калію спостерігається зовсім інша закономірність: чим більше випало опадів за період вегетації соняшнику, тим нижчий вміст цього елемента в насінні.

Незважаючи на високий винос калію з урожаєм, внесення калійних добрив під соняшник у степових районах, як правило, не супроводжується підвищенням його врожаю. Це пояснюється більшим вмістом калію в ґрунтах Степу та високою здатністю кореневої системи соняшнику засвоювати цей елемент живлення ґрунту. Якщо вміст калію у ґрунті низький, то його врожай знаходиться в прямій залежності від внесення калійних добрив.

У процесі вегетації соняшник поглинає поживні речовини нерівномірно. На початку вегетації він потребує мало поживних речовин, у період від формування кошика до кінця цвітіння спостерігається інтенсивне споживання їх рослиною, а в період достигання насіння цей процес знову різко сповільнюється або зовсім припиняється. У перші 30 діб після появи сходів засвоєння соняшником елементів живлення випереджає темпи приросту органічної речовини: при накопиченні 5 % органічної речовини від загальної її кількості соняшник поглинає з ґрунту 16 % азоту, 10 фосфору та 9 % калію від загальної кількості

засвоєваних речовин. У наступні 30 діб, коли відбувається інтенсивний ріст рослин, споживання елементів живлення становить, %: азоту – 84, фосфору – 57, калію – 75.

Мінеральне живлення соняшнику можна поділити на три основні періоди: перший (від появи сходів до формування кошика) – помірне живлення азотом і калієм та посилене – фосфором; другий (від формування кошика до цвітіння) – посилене живлення всіма головними елементами живлення; третій (від цвітіння до достигання) – помірне живлення азотом і фосфором та посилене – калієм.

На ріст, розвиток і врожай соняшнику головні елементи живлення діють по-різному. Азот підсилює ріст рослин, сприяє формуванню більш великих рослин і кошиків. Однак надмірне азотне живлення несприятливо впливає на накопичення жирів у насінні тому, що вміст білка в насінні підвищується, а вміст жирів різко знижується. Фосфор сприяє потужному розвитку кореневої системи, закладанню репродуктивних органів з більшим числом початкових квіток у кошику. За достатнього фосфорного живлення раціональніше використовується вода, прискорюється розвиток рослин, внаслідок чого вони краще витримують посуху та нестачу води в ґрунті. За посиленого фосфорного живлення різко знижується коефіцієнт водоспоживання рослинами соняшнику. Важливе значення у живленні соняшнику має калій, який значно впливає на процеси фотосинтезу та вуглеводний обмін, підвищує стійкість рослин проти вилягання, зменшує загрозу поширення різних хвороб.

У процесі свого росту та розвитку соняшник засвоює елементи живлення з ґрунтових запасів і внесених добрив. Якщо ґрунтові запаси їх великі, то значення внесених добрив знижується, а інколи їх застосування стає навіть недоцільним. При внесенні мінеральних добрив інтенсивність використання рослинами поживних речовин помітно змінюється. Насамперед застосування азотних добрив поліпшує використання азоту ґрунту, а застосування фосфорних добрив, як правило, призводить до зниження використання фосфатів ґрунту.

Система удобрення соняшнику складається з трьох ланок – основного і припосівного удобрення та підживлення.

Позитивний вплив на врожай насіння соняшнику виявляють органічні добрива (табл. 74). У сівозміні гній безпосередньо вносять під соняшник або розмішують посіви після угноєних попередників. Прирости врожаю в цих випадках приблизно однакові. Тому гній доцільніше вносити під попередник, наприклад озиму пшеницю. У такому випадку приріст урожаю двох культур буде вищий. У сівозмінах з цукровими буряками гній краще вносити під цукрові буряки, а мінеральні добрива – під соняшник. Якщо соняшник розмішують після неугноєних попередни-



Таблиця 74. Вплив гною на врожай соняшнику

Дослідна станція	Кількість дослідів	Норма гною, т/га	Приріст урожаю, ц/га
Ерастівська	4	20	2,4
Ерастівська	4	10	2,1
Донецька	4	20	1,3
Кіровоградська	4	20	2,2
Кіровоградська	2	10	1,8
Миколаївська	3	10	1,3

ків, то обов'язково вносять мінеральні добрива. Ефективність мінеральних добрив дуже близька при внесенні їх після неугноєного та угноєного фону. Тому найкраще гній і мінеральні добрива вносити під соняшник окремо. На внесення мінеральних добрив соняшник реагує менше, ніж зернові культури.

На всіх чорноземних ґрунтах добрі результати одержують при внесенні азотно-фосфорних добрив, а на опідзолених і сірих лісових малоугноєних ґрунтах – при внесенні повного мінерального добрива. Норму мінеральних добрив визначають залежно від ґрунтово-кліматичних умов (табл. 75). Для забезпечення максимальної ефективності добрив рекомендовану норму слід уточнювати в кожному конкретному випадку з урахуванням попередника і ступеня його удобрення, фактичної родючості ґрунту, біологічних особливостей вирощуваних сортів і рівня запланованого врожаю.

У посушливих степових районах з недостатнім зволоженням на чорноземах звичайних карбонатних та південних ефективне внесення під зяблеву оранку лише фосфорних добрив. Це пояснюється тим, що в засушливих степових районах підсилене азотне живлення знижує стійкість рослин проти посухи, що призводить до зниження врожаю та вмісту в насінні жиру, а фосфорні добрива поліпшують розвиток кореневої системи та сприяють більш економічній витраті вологи.

Для ефективного використання мінеральних добрив велике значення мають строки і способи їх внесення. При розкидному

Таблиця 75. Орієнтовні норми мінеральних добрив під соняшник, кг/га (Б.С. Носко)

Ґрунт	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Лісостеп</i>			
Сірий лісовий	60	60	60
<i>Степ</i>			
Чорнозем звичайний	60	60	60
Чорнозем південний	60	60	40
Темно-каштановий солонцюватий	60	60	–

способи їх доцільніше вносити восени під основний обробіток ґрунту, ніж навесні під культивування. Якщо виникає потреба внесення мінеральних добрив навесні, то їх краще вносити не під культивування, а локально – стрічками на відстані 35–40 см одна від одної на глибину 10–12 см культиваторами-рослино-підживлювачами, які обладнані туковисівними апаратами. При локальному внесенні мінеральних добрив ефективність їх порівняно з розкидним внесенням вища на 25–60 %.

Висока ефективність мінеральних добрив спостерігається при рядковому внесенні, особливо на полях, де недостатньо було внесено добрив у допосівний період. Найчастіше вносять азотно-фосфорні добрива (N<sub>10</sub>P<sub>20</sub>) на 6–8 см убік від рядків та на 2–3 см нижче загортання насіння.

Значну роль у підвищенні врожаю соняшнику відіграє підживлення рослин у ранні строки його розвитку одночасно з першим розпушуванням ґрунту у міжряддях. Особливо ефективно підживлення тоді, коли добрива до сівби не вносили або внесли недостатньо. Найбільша ефективність від підживлення спостерігається після внесення мінеральних добрив у вологий шар ґрунту без пошкодження кореневої системи рослин. Підживлення не ефективне як за мілкої заробки добрив, коли вони потрапляють у сухий шар ґрунту, так і за глибокої, коли добрива знаходяться досить близько до рослин і пошкоджують корені. Тому добрива треба вносити культиваторами-рослино-підживлювачами на глибину 8–10 см і на відстані від рядка 15–20 см. Перше підживлення проводять під час утворення 2–3 пар листків. Як правило, вносять азотно-фосфорні або повне мінеральне добриво (N<sub>20</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>). При другому підживленні, якщо виникає така потреба, мінеральні добрива вносять посередині міжрядь на глибину 12–14 см.

Якщо поля соняшнику знаходяться на схилах, норми мінеральних добрив коригують з урахуванням ступеня змитості ґрунту. На слабоеродованих ґрунтах їх слід збільшити на 15–20 %, середньоеродованих – на 25–40 % порівняно з нееродованими.

Для удобрення соняшнику використовують тверді та рідкі азотні добрива, з фосфорних – суперфосфат, з калійних – хлорид калію; з наявного асортименту комплексних добрив під соняшник доцільно використовувати амофос і рідкі комплексні добрива, у складі яких вміст фосфору переважає над вмістом азоту.

## 8.12. Живлення і удобрення люпину

У землеробстві люпин серед бобових рослин посідає особливе місце. Йому належить важлива роль у підвищенні вмісту азоту в ґрунті та білка в кормах. Бульбочкові бактерії, які утворюються на його коренях, фіксують з атмосфери значну кіль-



кість азоту. За врожаю зеленої маси 300 і коренів 20 ц/га рослини люпину засвоюють 150–170 кг/га азоту. У коренях і пожнивних рештках залишається 50 кг/га і більше азоту, фіксованого з атмосфери. Під час розкладання органічної маси люпину поліпшуються фізико-хімічні властивості ґрунту та підвищується його родючість. Тому ця культура належить до найкращих попередників для сільськогосподарських культур. Крім того, кожний гектар люпину дає в середньому по 40–45 ц кормових одиниць.

Люпин задовольняє свої потреби в азоті за рахунок двох джерел – атмосфери і ґрунту. Близько 65 % азоту повної потреби люпин використовує з атмосфери за рахунок фіксації бульбачковими бактеріями та до 35 % засвоює з ґрунту. Залежно від умов розмноження і життєдіяльності бульбачкових бактерій це співвідношення між джерелами використання азоту може змінюватись. За несприятливих умов (нестача макро- та мікроелементів, невідповідна реакція середовища, погана аерація тощо) бульбачкові бактерії розвиваються незадовільно і, як наслідок, рослини більше використовують азот із ґрунту та менше фіксують його з атмосфери.

В Україні люпин вирощують переважно на Поліссі. Тут поширений жовтий, білий, вузьколистий і багаторічний люпин, які використовують як на корм тваринам, так і на добриво. Особливо цінним є жовтий кормовий люпин, який добре росте на бідних піщаних ґрунтах.

Люпин – тепло- і вологолюбна рослина. Найбільшу кількість вологи люпин використовує в періоди від сівби до утворення щільного травостою та від цвітіння до повного формування бобів. Від забезпечення люпину в ці періоди вологою залежать величина та якість його врожаю. Для розвитку бульбачкових бактерій на коренях люпину найсприятливіша вологість ґрунту 60 % повної вологоємності. За таких умов фіксація азоту з атмосфери збільшується. Коефіцієнт водоспоживання у люпину становить 600–700. Якщо вологи не вистачає, то люпин утворює малі бутони, з яких виростають китиці з малою кількістю квіток. Частина їх під час цвітіння опадає, а боби зав'язуються з невеликою кількістю зернин. За надлишку зволоження люпин утворює нормальні китиці квіток, але бобів зав'язується мало і врожайність зерна знижується. Незважаючи на те що люпин вологолюбна рослина, він досить стійкий проти посухи, особливо у другу половину вегетації, коли коренева система його вже добре розвинута.

Люпин порівняно з іншими сільськогосподарськими культурами менш вибагливий до родючості ґрунтів, однак краще росте і розвивається на достатньо окультурених ґрунтах легкого гранулометричного складу (супіщаних і суглинкових). Ця

культура дає низькі врожаї на важких, перезволожених, слабкопроникних глинистих ґрунтах, а також на ґрунтах з близьким заляганням ґрунтових вод. Малоприсадибні для вирощування люпину також дуже опідзолені ґрунти. На різних ґрунтах не всі види люпину ростуть однаково. Так, на дерново-підзолистих піщаних ґрунтах найкраще ростуть жовтий і синій люпин. Найвищу врожайність зеленої маси на таких ґрунтах дає жовтий люпин. Білий люпин добре росте на світло-сірих лісових, дерново-середньопідзолистих супіщаних і суглинкових ґрунтах, а також на чорноземах.

Люпин характеризується підвищеною чутливістю до реакції ґрунтового розчину. Найкращими для нього є ґрунти з помірно кислою реакцією. Перехід через нейтральну реакцію ( $pH=7$ ) навіть до слабколужної впливає на нього негативно. Оптимальне значення  $pH$  ґрунту для люпину від 5 до 6. Нижня межа росту та розвитку люпину знаходиться при  $pH=3,5$ , а верхня – при  $pH=7,5$ . Для підвищення продуктивності всіх видів люпину при реакції  $pH<5$  ґрунт треба вапнувати. Оптимальна реакція ґрунтового розчину для люпину значно залежить від вмісту кальцію в ґрунті. Вважають, що всі види люпину негативно реагують на підвищений вміст у ґрунті кальцію, однак точного пояснення цього явища поки немає. Однак більший або менший вміст кальцію в ґрунті впливає на сприятливу або несприятливу реакцію ґрунтового розчину, яка дуже суттєва для росту та розвитку люпину.

У різних видів люпину на різних ґрунтах негативна дія підвищеного вмісту кальцію виявляється по-різному. На дуже кислих ґрунтах ( $pH<4,5$ ) усі види люпину позитивно реагують на вапнування і пригнічення рослин спостерігається лише за високих норм вапна. На слабкокислих ґрунтах ( $pH>5,5$ ) вапнування може негативно впливати на розвиток рослин (Є. К. Алексєєв, 1959). Підвищення вмісту кальцію в ґрунті найбільш негативно впливає на розвиток жовтого люпину, менше реагує на нього синій люпин, ще менше – білий. Жовтий люпин краще росте на кислих ґрунтах. У разі підвищення вмісту кальцію в ґрунті у рослин люпину спостерігається хлороз. Зміна вмісту кальцію в ґрунті, а отже, і реакції ґрунтового розчину у менш сприятливий для люпину бік, як правило, сильніше впливає на врожай зерна, ніж на врожай зеленої маси.

Негативна дія вапна на люпин пояснюється, особливо у перший період росту та розвитку, енергійним надходженням у рослини кальцію і слабким – калію. Надлишкове надходження кальцію призводить до значного накопичення в рослинах аміачного азоту, більшої витрати вуглеводів і, як наслідок, до аміачного отруєння рослин (Ф. Т. Пєритурін, 1920). Неоднакове відношення різних видів люпину до вмісту в ґрунті каль-

цію пов'язане також із діяльністю бульбочкових бактерій, які добре розвиваються при нейтральній і слабколужній реакції ґрунту ( $pH=6,5\ldots 8$ ). При  $pH<5$  та  $pH>8$  утворення бульбочок відбувається незадовільно, отже, фіксація азоту з атмосфери різко знижується.

Під час вапнування ґрунту з одночасною сівбою люпину вапно треба вносити тільки у рекомендованих для конкретних умов нормах. Негативний вплив вапна на люпин можна усунути, якщо для вапнування кислих ґрунтів використовувати доломітове борошно або добавляти до вапна магній.

Кормовий люпин висівають на чистих від бур'янів площах. Найкращим попередником для люпину на зерно є удобрені озимі культури. Після них він добре росте і дружно досягає, що особливо важливо на важких ґрунтах. На легких піщаних і супіщаних ґрунтах люпин сіють після картоплі та кукурудзи. Люпин сіють також у паровому полі у ранні строки, щоб забезпечити своєчасний обробіток ґрунту під озимі культури. На слабкоокультурених ґрунтах він дає низькі врожаї зерна.

Люпин має добре розвинуту кореневу систему, яка проникає на глибину 2,5–3 м. За допомогою такої кореневої системи він засвоює поживні речовини з важкорозчинних сполук і збагачує ними орний шар ґрунту. Цьому сприяють також кислі виділення кореневої системи люпину.

Для свого росту і розвитку люпин споживає більше азоту та калію і менше фосфору. Так, для утворення 10 ц/га врожаю зерна люпин використовує 60–68 кг азоту, 17–19 фосфору та 38–47 кг калію. Він засвоює у середньому азоту в 2 рази, а фосфору в 1,5 рази більше, ніж кукурудза, озима пшениця та ячмінь. Кормовий люпин виносить з ґрунту багато калію – приблизно в 1,5–2 рази більше, ніж зернові культури.

Рослини люпину протягом вегетації споживають елементи живлення нерівномірно (табл. 76). Поглинання азоту, фосфору і калію люпином відбувається одночасно з утворенням сухої речовини. Основна кількість поживних речовин у рослинах люпину накопичується у фазу цвітіння, максимальна – до часу достигання бобів на головному стеблі, що пов'язано з більш розтягнутим періодом цвітіння. Калій рослини люпину споживають інтенсивніше, ніж азот і фосфор, оскільки цей еле-

Таблиця 76. Засвоєння поживних речовин рослинами люпину, % максимальної кількості (Ф. М. Бровенко та ін.)

Фаза росту і розвитку	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Поява сходів – початок цвітіння	32	38	45
Цвітіння	65	65	80
Цвітіння – достигання	100	100	100

мент бере активну участь в утворенні вуглеводів, які використовують бульбочкові бактерії, що живуть у симбіозі з рослинами люпину.

Для вирощування високих урожаїв зерна і зеленої маси люпину та підвищення якості продукції велике значення має застосування добрив. Ефективність добрив під люпин залежить від біологічних особливостей і удобрення попередника, властивостей ґрунтів (забезпечення вологою, поживними речовинами, ступеня окультурення) і видів люпину.

Люпин добре реагує на органічні добрива, однак безпосередньо під нього їх не вносять тому, що люпин добре використовує післядію органічних добрив. Для удобрення люпину можна використовувати торф (30–40 т/га), ефективність якого на піщаних ґрунтах досить висока.

Внесення азотних мінеральних добрив під люпин дає менший ефект, ніж під інші польові культури. Це пояснюється тим, що люпин забезпечує себе азотом унаслідок симбіозу з бульбочковими бактеріями. Однак на дуже бідних піщаних і супіщаних ґрунтах в роки з холодною і затижною весною внесення N<sub>20–30</sub> позитивно впливає на врожайність люпину. У міру збільшення норми азотних добрив на коренях люпину утворення бульбочок зменшується, а потім і зовсім припиняється, унаслідок чого азотфіксуюча здатність його частково або повністю припиняється.

Завдяки добре розвинутій кореневій системі люпин здатний засвоювати поживні речовини з важкорозчинних сполук ґрунту, однак він добре реагує і на внесення фосфорно-калійних добрив.

На піщаних і супіщаних ґрунтах під люпин насамперед вносять калійні добрива у нормі K<sub>70–90</sub>. Калій підвищує стійкість рослин проти хвороб і прискорює дозрівання зерна. Середня норма фосфорних добрив становить P<sub>60–70</sub>. Під час вирощування люпину на зелену масу норму калійних добрив порівняно з нормою фосфорних збільшують. Якщо люпин вирощують на зерно, то фосфорні і калійні добрива вносять в однакових нормах. Добрива не вносять тоді, коли вміст засвоюваних форм фосфору та калію в ґрунті перевищує 100 мг/кг ґрунту. Фосфорні і калійні добрива доцільно вносити під зяблеву оранку. Якщо їх у цей час не внесли, тоді вносять навесні під культивування (P<sub>45–60</sub>K<sub>45–60</sub>). На слабкоокультурених ґрунтах, а також на ґрунтах, де під основний обробіток було внесено недостатню кількість фосфорних добрив, досить ефективне їх внесення (P<sub>10</sub>) у рядки під час сівби.

Підживлення кормового люпину фосфорно-калійними добривами не завжди дає позитивні результати. Однак якщо добрива під люпин до сівби та під час сівби не вносили, то його треба підживлювати фосфорними і калійними добривами

(Р<sub>30</sub>К<sub>30</sub>). Підживлення проводять у період чотирьох справжніх листків тому, що більш пізні підживлення неефективні (підживлення насамперед проводять при широкорядній сівбі кормового люпину).

Напередодні сівби люпину його зерно обробляють нітрагіном, причому для сівби на нових ділянках норми нітрагіну збільшують у 2–3 рази.

Важливе значення у живленні люпину має магній. Магнієві добрива збільшують його врожайність, поліпшують якість, позитивно впливають на фіксацію атмосферного азоту. Магнієвмісні добрива особливо треба вносити на глибоких піщаних ґрунтах, які мають низький вміст магнію по всьому профілю. Після внесення магнієвмісних добрив або доломітового борошна підвищується ефективність мінеральних добрив.

У збільшенні врожаю та поліпшенні якості продукції люпину велика роль належить молібдену. Молібденвмісні добрива вносять на кислих дерново-підзолистих ґрунтах, осушених кислих торф'яниках, сірих лісових та інших ґрунтах, які бідні на рухомі форми молібдену. Як правило, молібден використовують для передпосівного обробітку зерна. Для цього на 1 ц зерна витрачають 25–30 г молібдату амонію, який розчиняють у 1,5–2 л води.

Люпин позитивно реагує на всі форми калійних добрив, однак найефективніші сульфат калію та калійно-магнієві добрива. Підвищений вміст хлору в ґрунті пригнічує розвиток на коренях люпину бульбочкових бактерій. Із фосфорних добрив найкращими формами є фосфоритне борошно, томасшлак, фосфатшлак. Внесення під люпин кислих або фізіологічно кислих добрив викликає підкислення ґрунту, особливо після мілкої заробки добрив, що створює несприятливі умови для азотфіксуючої діяльності бульбочкових бактерій.

### 8.13. Живлення і удобрення конюшини

Конюшина – цінна кормова культура. У перерахунку на кормову одиницю в ній міститься в 1,5 рази більше перетравного протеїну, ніж його потрібно для нормальної годівлі тварин відповідно до зоотехнічних норм. Тому конюшина дає змогу балансувати вуглеводні корми за вмістом протеїну і вони стають повноцінними. Крім того, вартість однієї кормової одиниці конюшини найнижча, у зв'язку з чим її можна використовувати для виготовлення різних кормів. Крім кормового значення конюшина відіграє велику роль у підвищенні родючості ґрунту, захищає його від вітрової і водної ерозії.

Конюшина має цінну властивість – за допомогою бульбочкових бактерій засвоює молекулярний азот з атмосфер-

ного повітря та використовує його для формування врожаю. Д. М. Прянишников вважав, що 1 га доброї конюшини може засвоїти 160–180 кг азоту з атмосфери, а дефіцит азоту в землеробстві значною мірою може бути поповнений культурою-азотозбирачем. Азот, накопичений у кореневих і поживних рештках конюшини, після їх розкладання в ґрунті добре засвоюється іншими рослинами, тому конюшина вважається одним з найкращих попередників у сівозміні.

Конюшину вирощують практично в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України, проте основні площі під нею зосереджені в Лісостепу та на Поліссі. У сільському господарстві вирощують переважно конюшину червону та конюшину лучну.

Високі врожаї сіна і насіння за відповідної агротехніки можна одержати на різних ґрунтах. Однак кращими для її вирощування є чорноземи, сірі лісові, бурі та каштанові ґрунти з родючим і багатим підґрунтям. Непридатні для вирощування конюшини кислі і торф'яністи ґрунти, болотні ґрунти з високим рівнем ґрунтових вод та ґрунт з оглеєним або кам'янистим непроникним для коренів підґрунтям. Найкраще конюшина росте і розвивається на середньосуглинкових, гірше – на важких та зовсім погано – на піщаних ґрунтах. На ґрунтах з малим вмістом гумусу конюшина росте і розвивається погано, на дуже кислих і засолених не росте зовсім. Найкраще конюшина росте на слабкокислих або нейтральних ґрунтах (рН=5,5...7).

Конюшина особливо чутлива до підвищеної кислотності та вмісту рухомого алюмінію в ґрунті: при рН<4,7 починає різко знижуватись її врожайність, при вмісті 3–4 мг/100 г ґрунту рухомого алюмінію та рН=4,8 спостерігається пригнічення конюшини, яке посилюється при вмісті 7–8 мг, а при вмісті 10–12 мг/100г ґрунту рухомого алюмінію рослини дуже пригнічуються і до осені першого року життя дуже зріджуються. Отже, вапнування – одна з головних умов успішного вирощування конюшини на ґрунтах з кислою реакцією розчину.

Конюшина вибаглива до вмісту вологи в ґрунті, але надлишку її не витримує і в разі застоювання води на полі гине. Найкраще вона росте і розвивається за вологості ґрунту близько 70–80 % найменшої вологості. Коефіцієнт водоспоживання конюшини становить 400–500. Для вирощування високого врожаю насіння конюшини треба, щоб до періоду цвітіння у ґрунті була накопичена достатня кількість вологи. За нестачі вологи у цей період рослини підсихають, нормальне їх запліднення не відбувається, внаслідок чого різко знижується врожай. За надлишку вологи в ґрунті у період цвітіння та дозрівання конюшини врожайність насіння також знижується – погано формуються насінні бруньки, гине багато зав'язі, внаслідок чого обсіменіння досить низьке. Найвища врожайність

насіння буває у роки з достатньою кількістю опадів у період до цвітіння конюшини та з сухою сонячною погодою під час цвітіння і дозрівання насіння.

Коренева система конюшини добре розвинута і проникає в ґрунт на глибину 2–2,5 м. Однак основна маса її (до 80 %) знаходиться в орному шарі ґрунту. Завдяки добре розвинутій кореневій системі конюшина використовує вологу і поживні речовини не тільки з орного, а й глибших шарів ґрунту. Корені конюшини здатні засвоювати і деякі елементи з важкорозчинних сполук: фосфор із фосфоритного борошна та кальцій з розмелених вапнякових порід. У перший період після сівби конюшини бульбочки утворюються на головному корені. Потім від головного кореня відходять бічні корені, де більш тонкі корінці, на яких у подальшому переважно формуються і розвиваються бульбочкові бактерії, що засвоюють азот з атмосфери. Розвиток їх різко поліпшується за належного забезпечення конюшини фосфором і калієм. Підвищені норми мінерального азоту та гною пригнічують розвиток бульбочкових бактерій.

Найкращими попередниками для конюшини є зернові колосові, цукрові буряки, картопля. Конюшину підсівають переважно під ярі зернові культури. На Поліссі та в західній частині Лісостепу конюшину підсівають також під озимі на зелений корм, а іноді і на зерно.

Для росту і розвитку рослини конюшини використовують велику кількість фосфору, калію, кальцію та інших поживних речовин. Для утворення 1 т сіна конюшини у середньому витрачається, кг: азоту – 15,9–19,8, фосфору – 4,8–5,7, калію – 15,6–16,9, кальцію – 15,5–16,9, магнію – 5,3. У кореневій системі та у поживних рештках конюшини на 1 т сіна в середньому міститься, кг: азоту – 5,5–10, фосфору – 0,7–1,2, калію – 2,2–3, кальцію – 7,2–9, магнію – 1,4–2, натрію – 0,6–0,9. На кожний центнер насіння конюшина додатково витрачає по 20–30 кг азоту і по 10–14 кг фосфору та калію (І.С. Травіна, В.Д. Щербачова, 1941).

Потреба рослин конюшини у поживних речовинах в окремі періоди їх росту і розвитку неоднакова. На початку росту і розвитку рослинам конюшини найбільше потрібний фосфор. Багато поживних речовин вона споживає у періоди відростання: рано навесні та після укосів, а насінна конюшина, крім того, у періоди цвітіння і формування насіння.

Конюшина як високопродуктивна кормова культура використовує для формування врожаю велику кількість поживних речовин з ґрунту. Тому вона позитивно реагує на безпосереднє внесення добрив, добре використовує їх післядію, оскільки добрива значно впливають на врожайність та якість продукції конюшини.

Конюшина погано росте на кислих ґрунтах, тому для усунення підвищеної кислотності і збільшення ефективності міне-

ральних добрив такі ґрунти треба вапнувати. Для підвищення окупності вапна врожаєм його слід вносити в сівозміні ближче до поля з конюшиною – під час підсіву або озимі (у пару) або під час підсіву під ярі (під попередник або покривну культуру у рекомендованих для конкретних умов нормах). На дуже кислих ґрунтах вапно вносять за 2–3 роки до сівби конюшини. На легких ґрунтах, які містять недостатню кількість магнію, треба вносити доломітове борошно.

На солонцюватих ґрунтах проводять гіпсування. Гіпс у нормі 3–4 т/га (на солонцях 8–10 т/га) вносять під попередник або безпосередньо восени під конюшину перед зяблевою оранкою. Ефективне також внесення його поверхнево по 3–4 ц/га після збирання покривної культури або рано навесні на посівах минулих років.

Конюшина добре використовує післядію органічних добрив. Тому у сівозміні їх вносять у рекомендованих для конкретних умов нормах за 1–3 роки до сівби конюшини. У чистих посівах (без покривної культури) в умовах достатнього зволоження під конюшину, яка буде вирощуватись на одному місці 2–3 роки, вносять 40–60 т/га гною або компостів.

Ефективність мінеральних добрив під час вирощування конюшини залежить від удобрення попередника, властивостей ґрунту, норм, способів, місця та часу їх внесення. Потреба конюшини в азоті за сприятливих умов задовольняється за рахунок симбіозу з бульбочковими бактеріями. Однак на дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах, якщо під покривні культури або безпосередньо під конюшину органічні добрива не вносили, застосовують азотні добрива з розрахунку  $N_{30-50}$ . При вирощуванні конюшини 2–3 роки на слабкоокультурених та піщаних ґрунтах треба вносити азотні добрива ( $N_{45-60}$ ) для підживлення, що сприяє росту і розвитку рослин, зменшує зрідженість посівів.

Для формування кореневої системи і врожаю надземної маси рослини конюшини насамперед відчувають потребу у фосфорних і калійних добривах, які підвищують урожайність та якість продукції на всіх ґрунтах. Якщо конюшину вирощують на чорноземах і сірих лісових ґрунтах, то вона насамперед потребує фосфорних добрив, на дерново-підзолистих суглинкових ґрунтах – фосфорних і калійних, на піщаних, супіщаних і торф'яних ґрунтах – калійних добрив. Потребу рослин конюшини у фосфорно-калійних добривах визначають за вмістом у ґрунті доступних форм фосфору і калію. Наприклад, при вмісті у дерново-підзолистому ґрунті понад 100 мг/кг ґрунту рухомого фосфору (за методом Кірсанова) і такої самої кількості обмінного калію (за методом Маслової) конюшина не відчуває потреби у додатковому внесенні фосфорно-калійних добрив. При вмісті 70–80 мг/кг ґрунту рухомого фосфору вона ще слабо реагує на фосфорні

добрива і починає добре реагувати на них при вмісті 30–50 мг фосфору та нижчому. Калійні добрива треба вносити, якщо вміст обмінного калію в ґрунті менший ніж 100 мг/кг ґрунту.

Після внесення фосфорно-калійних добрив в основне удобрення перед сівбою конюшини певна частина поживних речовин засвоюється покривною культурою і за низьких норм добрив їх післядія на розвиток конюшини буває незначною. Тому при покривному вирощуванні конюшини, крім передбачених для удобрення покривної культури фосфорно-калійних добрив, додатково вносять по 30–40 кг/га РК. У чистих посівах норми допосівного внесення фосфорних і калійних добрив підвищують до 50–60 кг/га поживних речовин.

При основному внесенні добрив під покривну культуру конюшина не завжди одержує необхідну кількість поживних речовин у початковий період росту та розвитку. Тому дуже ефективно вносити добрива, особливо фосфорні ( $P_{8-10}$ ), у рядки під час сівби конюшини або покривної культури.

Конюшину крім основного і припосівного удобрення підживлюють у різні строки її вегетації: зразу після збирання покривної культури; навесні у перший рік використання; після першого укосу; поверхнево на другий рік використання. Для підживлення вносять фосфорні або фосфорно-калійні добрива. Фосфорними і калійними добривами конюшину підживлюють восени після збирання покривної культури, оскільки в таких умовах добрива краще розчиняються, стають більш доступними для конюшини та підвищують зимостійкість рослин. Як правило, вносять по 45–60 кг/га РК поверхнево з подальшим борошуванням. Більш пізні підживлення конюшини менш ефективні.

Високі прирости врожаю конюшини одержують від внесення на дерново-підзолистих і опідзолених ґрунтах гіпсу, який поліпшує живлення рослин конюшини сіркою і кальцієм. Особливо добре реагує на внесення гіпсу конюшина тоді, коли її вирощують на важких суглинкових ґрунтах, де був внесений гіпс у нормі 3–4 ц/га поверхнево навесні або восени.

На ґрунтах легкого гранулометричного складу рослини часто відчувають нестачу магнію. Тому на піщаних і супіщаних ґрунтах у середньому на одне поле сівозміни вносять 20–40 кг/га оксиду магнію, а на кислих ґрунтах – щороку розчинні магнезіальні добрива. Розчинні магнезіальні добрива на легких ґрунтах краще вносити навесні. У разі появи ознаки магнезійного голодування на травостой конюшини добрива вносять для її підживлення.

Конюшина дуже чутлива до наявності у ґрунті в доступних формах молібдену. Дія молібдену пов'язана з активністю ферменту нітратредуктази та ферментів, які беруть участь у зв'язуванні молекулярного азоту. Молібден, який позитивно впли-

ває на азотфіксуючу діяльність бульбочкових бактерій і забезпечення рослин азотом, сприяє ефективнішому використанню фосфорно-калійних добрив. Його треба вносити тоді, коли вміст у кореневмісному шарі ґрунту не перевищує 6,2 кг/га. Найкращим способом використання молібденвмісних солей є передпосівна обробка насіння. Обприскують або обпудрюють ними насіння з розрахунку 250–400 г/ц насіння. Крім того, рослини конюшини у фазу стеблуння підживлюють 0,02–0,03 %–м розчином молібдату амонію. Під час розкидного внесення молібденвмісних добрив достатньо 500 г/га поживної речовини мікроелемента.

При вирощуванні конюшини у низинах та на осушених торф'яниках з низьким вмістом міди під основний обробіток ґрунту вносять піритні недогарки (5–6 ц/га раз у 5–6 років) або мідний купорос (20–25 кг/га).

Якщо конюшину вирощують на дерново-підзолистих та опідзолених ґрунтах, в основне удобрення з фосфорних добрив вносять фосфоритне борошно, фосфатшлак, томашлак. На нейтральних і слабколужних ґрунтах вносять суперфосфат. Із калійних добрив доцільно вносити концентровані форми, наприклад хлорид калію. На піщаних і супіщаних ґрунтах треба вносити калійно-магнієві добрива.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Як реагують зернові і технічні культури на родючість ґрунту?
2. Відмінність у виносі головних елементів живлення з урожаєм зернових і просапних культур.
3. Динаміка використання поживних речовин рослиною та її роль у встановленні способів внесення добрив.
4. Як під час складання системи добрив враховують чутливість рослин до концентрації ґрунтового розчину?
5. Розвиток кореневої системи рослин після внесення добрив.
6. Комплексна діагностика живлення при внесенні азотних добрив під озиму пшеницю.
7. Оптимальні форми мінеральних добрив під льон і картоплю.
8. Поєднання органічних і мінеральних добрив під час вирощування просапних культур.
9. Враховування біологічних особливостей зернобобових культур при використанні добрив і вплив їх на якість сільськогосподарської продукції – озимої пшениці, цукрових буряків, картоплі, соняшнику.
10. Використання добрив.

## СИСТЕМА УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНАХ

Загальнотеоретичні положення системи удобрення культур у сівозмінах було викладено у другому розділі. У цьому розділі буде розглянуто особливості складання системи удобрення культур для конкретних агрогрунтових зон України, які зумовлені насамперед ґрунтовим укриттям і кліматичними умовами зон.

### 9.1. Полісся і низинні райони Карпат

До цієї зони належить більшість районів Волинської, Рівненської, Житомирської, Чернігівської, північні райони Львівської, Тернопільської, Київської, Сумської, а також деякі райони Закарпатської та Івано-Франківської областей.

Територія зони становить близько 19 % усієї території України і характеризується значною неоднорідністю ґрунтових і кліматичних умов. У ній виділено такі агрогрунтові провінції: Полісся західне, Полісся центральне правобережне, Полісся лівобережне високе, Полісся лівобережне низинне, Закарпаття низинне. Хоча в межах провінцій Полісся клімат неоднорідний, проте в цілому для території зони його можна оцінити як м'який і вологий.

Надходження прямої і розсіяної (сумарної) сонячної радіації за рік дорівнює 205–220 кДж/см<sup>2</sup>, а за період з температурами  $\geq +5$  і  $\geq +10$  °C відповідно 160–180 і 134–143 кДж/см<sup>2</sup>.

Тривалість безморозного періоду 140–170 діб, а сума температур  $\geq +5$  і  $\geq +10$  °C відповідно 2700–2900 і 2400–2600. Середні багаторічні дати переходу середньодобової температури повітря через +5 °C (початок і кінець вегетаційного періоду польових культур) припадають навесні на 3–13 квітня, а восени – на 19–31 жовтня.

Середня багаторічна сума опадів за рік становить 550–650 мм, зокрема за вегетаційний період (квітень–жовтень) – 400–500 мм.

Відносна вологість повітря взимку та восени досягає 80–85 %, а влітку може знижуватися до 48–54 %. Величина гідротермічного коефіцієнта (ГТК) коливається в межах 1,3–2,0.

Вологий клімат і безкарбонатні ґрунтоутворювальні породи легкого гранулометричного складу зумовили промивний тип водного режиму, який у цих умовах під лісовою рослинністю сприяв розвитку підзолистого ґрунтоутворювального процесу та формуванню дерново-підзолистих ґрунтів, які займають 67 % орних земель зони. Залежно від розвитку підзолистого процесу, водного режиму і гранулометричного складу ці ґрунти розрізняють за ступенем опідзоленості (слабко- середньо-, сильнопідзолисті), оглеєності (глеюваті, поверхнево-глеюві, глеюві) та розміром твердих часточок (піщані, глинисто-піщані, суглинчані, легкосуглинкові і важкосуглинкові).

Найпоширенішими серед дерново-підзолистих ґрунтів є суглинчані дерново-підзолисті (близько 50 %); піщані ґрунти становлять 6 %, глинисто-піщані – 30, легкосуглинкові – 9, середньо- і важкосуглинкові – 5. Дерново-слабкопідзолисті і дерново-сильнопідзолисті ґрунти на Поліссі України поширені мало. Дерново-середньопідзолисті ґрунти легкого гранулометричного складу (піщані, глинисто-піщані, легкосуглинкові) характеризуються підвищеною щільністю складення (1,2–1,55 г/см<sup>3</sup>), низькою польовою вологоємністю (160–180 мм у метровому шарі), високою водопроникністю (2–8 мм/хв), низькими гігроскопічністю (2–5 %) та ємністю вбирання катіонів (3–5 мг-екв на 100 г ґрунту), бідністю на ввібрані основи (40–70 %). В орному шарі цих ґрунтів міститься від 1 до 2 % гумусу, вони мають низький запас валових форм макро- (азоту – 0,05–0,08 %, фосфору – 0,04–0,09, калію – 1–1,5 %) і мікроелементів. Реакція ґрунтового розчину орного шару цих ґрунтів кисла ( $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4,1 \dots 5,8$ ), вміст рухомих форм поживних речовин низький (легкогідролізованого азоту – 4–5, рухомого фосфору – 4–6, обмінного калію – 7–10 мг/100 г ґрунту).

Значну площу орних земель (близько 17 %) займають дерново-підзолисті оглеєні ґрунти. Вони розміщені переважно в західній частині зони і відрізняються від неоглеєних відмін більш низькою родючістю внаслідок несприятливого водно-повітряного режиму.

На лесових островах поширені сірі лісові ґрунти та чорноземи опідзолені. На частку цих ґрунтів припадає близько 21 % орних земель зони. Вони відрізняються від дерново-підзолистих важчим, переважно крупнопилуватим, легкосуглинковим гранулометричним складом, кращими воднофізичними й агрохімічними властивостями. Вміст гумусу коливається від 1,6 % в світло-сірих до 3,5 % у темно-сірих і чорноземах опідзолених, сума ввібраних основ становить 9–13 мг-екв/100 г ґрунту. Проте ці ґрунти, як і дерново-підзолисті, кислі (гідролітична кислотність – 1,8–3,6 мг-екв/100 г,  $\text{pH}_{\text{KCl}} = 5 \dots 6,5$ ).

Дерново-карбонатні ґрунти займають близько 2 % орних земель. Вони утворилися на елювій карбонатних порід. Їх агроно-

мічна цінність зумовлюється насамперед товщиною гумусного горизонту, який коливається від 25 до 100 см. Ґрунти з малою товщиною пухкого шару щебенюваті і кам'яністі, з низькою вологоємністю. Збільшення товщини гумусного горизонту сприяє підвищенню їх родючості (оптимізується щільність складення – 1,1–1,4 г/см<sup>3</sup>, польова вологоємність зростає – 170–200 мм у метровому шарі, вміст гумусу підвищується – 2,5–4 %).

Близько 9 % орних земель Полісся припадає на дернові оглеєні та лучні ґрунти. Дернові ґрунти утворилися на задрових та алювіальних пісках, де близько до поверхні залягають підґрунтові води. Глибина гумусного і перехідного горизонтів коливається від 30 до 60 см, а вміст гумусу в орному шарі – від 1,5 до 5 %.

Лучні ґрунти відрізняються від дернових глибшим гумусовим профілем (до 70 см) та більшим вмістом гумусу (до 5 %) і поширені переважно в заплавах річок. У низинах і річкових заплавах часто зустрічаються болотні ґрунти (лучно-болотні, болотні, торфово-болотні, торфовища). На їх частку припадає близько 1 % орних земель Полісся України. Родючість цих ґрунтів зумовлюється товщиною організованого шару. Менш родючі лучно-болотні та болотні мінеральні ґрунти, а більш родючі – торфово-болотні ґрунти, в яких товщина торфового горизонту досягає 25–30 см. У торфовищах глибина торфу коливається від 50 см до 3 м і більше. Досить родючі торф'яні, перегнійні та гуміфіковані ґрунти.

Параметри агрохімічних показників болотних ґрунтів унаслідок їх різноманітності досягають значних коливань: реакція ґрунтового розчину – від кислої до лужної; вміст азоту – від 0,2–0,3 в мінеральних ґрунтах до 2,2–4,8 % у торфовищах; фосфору – від 0,03–0,7; калію – від 1–2 в мінеральних ґрунтах до 0,05–0,5 % у торфовищах.

Незважаючи на значну неоднорідність ґрунтового покриву орних земель Полісся, загальним для них є досить низька природна родючість, зумовлена легким гранулометричним складом, низьким вмістом гумусу, кислою реакцією ґрунтового розчину, та висока вологозабезпеченість.

Для ефективного сільськогосподарського використання та окультурення цих ґрунтів треба насамперед проводити їх вапнування і глинування та досягти достатнього насичення орних земель органічними добривами. Вапнування сприяє оптимізації реакції ґрунтового розчину та режиму живлення ґрунту, в результаті чого забезпечується вирощування запланованих урожаїв доброї якості, підвищується окупність використовуваних мінеральних добрив продукцією рослинництва. У сівозмінах Полісся вапнування проводять здебільшого при основному обробітку ґрунту під картоплю. При цьому на піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах вносять не більш як 0,75 норми, а

на супіщаних і суглинкових – повну норму вапна. Під кукурудзу, трави і люпин, незалежно від гранулометричного складу ґрунту, вапно вносять у повній нормі, розрахованій за гідролітичною кислотністю. За ротацію 8–9-польної сівозміни вапно можна вносити двічі.

В умовах Полісся, де рослини часто відчувають нестачу магнію, найефективнішою формою вапнякових матеріалів є доломітове борошно, в якому близько половини карбонатів – це солі магнію.

Для кращого перемішування вапнякових матеріалів з ґрунтом і більш повної нейтралізації кислотності їх вносять перед лущенням стерні з наступною зяблевою оранкою. Під картоплю вапно вносять під зяблеву оранку або навесні під культивування. На полях, де будуть вирощувати зернові, льон або люпин, вапно вносять під зяблеву оранку.

Органічні добрива є одним з найважливіших засобів підвищення родючості ґрунтів на Поліссі. У сівозмінах органічні добрива (підстилковий і безпідстилковий гній, торфокомпости) вносять не рідше ніж один раз у 2–3 роки. Використовувати їх з більшим проміжком часу можна за наявності в сівозмінах ланок з посівами багаторічних трав. Норми внесення органічних добрив та кількість удобрюваних полів у сівозміні визначають, виходячи з потреб культури і кількості органічних добрив у господарстві, а також вимог щодо насиченості орної землі органічними речовинами, які для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунтах Полісся повинні становити 15–18 т/га на рік. Орієнтовні норми підстилкового гною і компостів під зернові культури суцільної сівби становлять 30–40, а під просапні – 40–60 т/га. Норми безпідстилкового гною в 1,5–2 рази більші, ніж підстилкового.

Використання високих норм підстилкового гною (70–100 т/га) хоч і зручне з організаційної точки зору, проте недоцільне через можливість забруднення навколишнього середовища азотом і зниження продуктивності всієї сівозміни. Максимальні норми безпідстилкового гною, при яких запобігається забруднення навколишнього середовища, встановлюються за вмістом доступного азоту в ґрунті та потребою в ньому вирощуваної культури. Ці норми, залежно від гранулометричного складу ґрунту і продуктивності культури, коливаються від 100 до 300 кг/га азоту добрива. Найнижчі норми безпідстилкового гною, еквівалентні 100 кг/га азоту, вносять на піщаних ґрунтах.

Органічні добрива заробляють у ґрунт під час його основного обробітку. У зв'язку з тим, що в господарствах у зимовий період нагромаджується значна кількість гною і компостів, їх вносять під веснооранку чи переоранку зябу. Однак таке використання органічних добрив вимушене і менш ефективне, ніж осіннє, оскільки затримує сівбу ярини і спричинює втрату води з ґрунту. Пере-



оранку ябу з внесенням органічних добрив практикують, як правило, під картоплю, овочеві культури і кукурудзу.

Полісся є зоною з найвищою окупністю врожаєм мінеральних добрив, без використання яких неможливо досягти високої продуктивності культур сівозміни в даних ґрунтово-кліматичних умовах. Мінеральними добривами в зоні Полісся забезпечуються в першу чергу овочеві культури, льон-довгунець, картопля, зернові. При цьому фосфорні і калійні добрива вносять під основний обробіток ґрунту та для підживлення. Восени азотні добрива використовують при основному удобренні озимих за умови, що запас азоту мінеральних сполук на час сівби в шарі ґрунту 0–40 см не більший ніж 30 кг/га. Сучасні технології вирощування озимих культур (інтенсивні, прогресивні) передбачають внесення основної кількості азоту (60–90 кг/га) для підживлення. Під усі ярі культури азотні добрива вносять, як правило, навесні під культивування.

Для припосівного удобрення зернових культур використовують суперфосфат (по 10–20 кг  $P_2O_3$ ), нітрофоску чи нітроамофос (по 10–15 кг/га NPK). Припосівне удобрення льону і кукурудзи доцільно проводити суперфосфатом ( $P_{10}$ ). Під час садіння картоплі вносять азотні і фосфорні добрива по 15–20 кг/га. Проте ефективність припосівного внесення добрив залежить від рівня забезпеченості культур поживними речовинами ґрунту та від основного удобрення. Чим вищі забезпеченість поживними речовинами та норми основного удобрення, тим нижча ефективність припосівного удобрення.

Підживлення просапних культур місцевими, азотними й особливо фосфорними і калійними добривами проводять тоді, коли при основному удобренні не внесли всю рекомендовану дозу поживних речовин. Як правило, це роблять під час першого міжрядного обробітку посіву. Водночас перенесення частини норми азоту для підживлення просапних культур є доцільним, оскільки сприяє більш повному використанню рослинами азоту добрив і не забруднює навколишнього середовища.

Особливе значення для умов Полісся має правильний вибір найефективніших форм мінеральних добрив, способів і прийомів їх внесення. На ґрунтах з кислою реакцією середовища під оранку використовують важкорозчинні форми фосфорних добрив (фосфоритне борошно, фосфатшлак, знефторений фосфат), на нейтральних і слабколужних – легкорозчинні (суперфосфат, амофос, діамофос, нітроамофоску, карбоамофоску). В рядки під час сівби вносять суперфосфат або тверді комплексні добрива. Восени використовують каїніт, 30–40 %-ну калійну сіль, навесні – хлорид і сульфат калію, калій-електроліт і калімагnezію. Під культури, чутливі до хлору, вносять безхлорні калійні добрива (сульфат калію, калімагnezію, калійно-магnezі-

вий концентрат, карбонат калію або комплексні – нітрофоску, нітроамофоску, карбоамофоску, метафосфати калію).

Фізіологічно кислі мінеральні добрива, насамперед азотні, значно підкислюють реакцію ґрунтового середовища, витісняють із ГВК кальцій, деструктуризують ґрунт. На кислих ґрунтах ці добрива слід використовувати після вапнування ґрунту або нейтралізації фізіологічної кислотності добрив вапном. При цьому на 1 т азотних добрив витрачається від 0,4 до 1,5 т карбонату кальцію.

На провапнованих дерново-підзолистих і перегнійно-карбонатних ґрунтах часто виявляється нестача бору. При вмісті в орному шарі водорозчинного бору менш ніж 0,7 мг/кг ґрунту під льон і зернові культури вносять бор (найкраще боратний суперфосфат). Можна проводити також передпосівний обробіток насіння мікроелементами. На 1 ц насіння витрачається 20–25 г борної кислоти. Крім того, на дерново-підзолистих ґрунтах при вмісті рухомого молібдену менше ніж 0,2 мг/кг ґрунту рослини відчувують у ньому нестачу. В цьому випадку проводять передпосівне збагачення насіння молібденом, для чого використовують молібдат амонію 25–60 г/ц насіння.

Високоєфективним на дерново-підзолистих і особливо торф'яних ґрунтах є використання мідних мікродобрив, які вносять один раз на 4–5 років у формі піритних недогарків (3–6 ц/га) або мідного купоросу (25–50 кг/га). Можна використовувати і передпосівне збагачення насіння міддю, для чого беруть мідний купорос із розрахунку 20 г/ц насіння.

Із табл. 77 видно, що вапно в ґрунт вносять під картоплю. Це пояснюється тим, що прямий вплив повільнодіючих вапнякових матеріалів не погіршує калійного живлення, внаслідок чого картопля менше уражається паршею. На піщаних і глинисто-піщаних ґрунтах вапно вносять із розрахунку 0,75 норми, на супіщаних і суглиннистих – повну норму за гідролітичною кислотністю.

Насиченість орної землі сівозміни органічними добривами становить 15 т/га на рік. Гній (50 т/га) рекомендується вносити під картоплю, кукурудзу на силос і кормові буряки. Під озиму пшеницю, яка є попередником льону, вносять 25 т/га гною. Таке розміщення органічних добрив у сівозміні, коли їх внесення в кожному полі повторюється через 2–3 роки, є оптимальним, оскільки сприяє не тільки підвищенню врожаю та якості культур, а й забезпечує бездефіцитний баланс гумусу в кожному полі сівозміни.

У рекомендованій системі удобрення (див. табл. 77) на кожен гектар ріллі припадає в середньому по 250 кг поживних речовин мінеральних добрив на рік. Така насиченість орної землі мінеральними добривами забезпечує високу продуктив-



Таблиця 77. Орієнтовна система удобрення культур у 8-пільній сівозміні на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся

Номер поля	Чергування культур у сівозміні	Органічні добрива, т/га	Мінеральні добрива, кг/га						
			під оранку			азот під пере-оранку чи культивуванню	підживлення		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Конюшина	25						60	90
2	Озима пшениця			45	45	45	50		
3	Льон-довгунець			90	90				
4	Озима пшениця чи жито+після-жнивне жито на корм	40		90	90		50		
5	Картопля <sup>1</sup>	50		70	120	90			
6	Ячмінь			45	45	60			
7	Кукурудза на силос (1/2 поля)	50		80	120	120	30		
	Кормові буряки (1/2 поля)	50	80	120	120	30			
8	Ячмінь з підсівом конюшини			45	45	60			

<sup>1</sup>Внесення вапна у сівозміні.

ність культур сівозміні і максимальну окупність добрив продукцією рослинництва.

Якщо виникає потреба знизити насиченість сівозміні мінеральними добривами, його слід здійснювати за рахунок зменшення норм насамперед під ті культури, під які вносили органічні добрива. У даному випадку це озима пшениця, основне удобрення якої мінеральними добривами можна не проводити взагалі, картопля, кукурудза на силос, кормові буряки. Під ці культури норми основного удобрення можна зменшити на 30–50 %. Наведені в табл. 77 норми добрив рекомендовані для середнього вмісту поживних речовин у ґрунті. За низького їх вмісту норму добрив множать на коефіцієнт 1,2–1,3, за високого – на коефіцієнт 0,7–0,8.

У наведеній системі удобрення частину норми мінеральних добрив, виділених під культури, рекомендується використовувати для підживлення і припосівного внесення. Це стосується азотних добрив, що використовуються для підживлення озимої пшениці, кукурудзи на силос і кормових коренеплодів, а також фосфорних добрив, які використовують для припосівного внесення під найважливіші культури сівозміні, і значно менше калійних добрив.

Підживлення озимої пшениці, вирощуваної за інтенсивною технологією, рекомендується проводити 2–3 рази у відповідні періоди органогенезу. При цьому дози азотних добрив визначають потребою рослин на даному етапі органогенезу і запланованого рівня врожайності.

У сівозміні під багаторічні трави другого і третього року життя, у зв'язку з особливістю їх вирощування, для підживлення вносять усю норму фосфорно-калійних добрив.

## 9.2. Лісостеп

Центральну частину території країни займає агрокліматична зона Лісостеп. Вона тягнеться широкою смугою через усю Україну з південного заходу на північний схід, займаючи близько 37 % її території. До неї майже повністю входять Львівська, Хмельницька, Вінницька, Черкаська, Полтавська, південна частина Рівненської, Волинської, Житомирської, Київської, Чернігівської, Сумської, а також частково Івано-Франківська, Чернівецька, північна частина Одеської, Кіровоградської та Харківської областей.

Агроґрунтові провінції зони такі: Лісостеп західний, Лісостеп правобережний центральний високий, Лісостеп лівобережний низинний, Лісостеп лівобережний високий. Клімат Лісостепу помірно континентальний, причому континентальність зростає із заходу на схід. Надходження прямої і розсіяної (сумарної) сонячної радіації за рік становить 210–230 кДж/см<sup>2</sup>, а за період з температурами  $\geq 5$  і  $\geq +10^\circ\text{C}$  відповідно 165–185 і 138–148 кДж/см<sup>2</sup>.

Тривалість безморозного періоду і 150–180 діб, а сума температур  $\geq +5$  і  $\geq +10^\circ\text{C}$  становить відповідно 2700–3300 і 2400–2900. Середні багаторічні дати переходу середньодобової температури повітря через  $+5^\circ\text{C}$  припадають навесні на 1–12 квітня, а восени – на 20 жовтня – 3 листопада. Середня багаторічна сума опадів за рік становить 455–690, в тому числі за вегетаційний період (IV–X місяці року) 320–550 мм. Величина ГТК коливається в межах 1–1,3.

Ґрунти Лісостепу сформувалися переважно на лесах та лесоподібних суглинках і характеризуються високою потенційною родючістю. У досить різноманітному ґрунтовому покриві переважають чорноземи типові, які займають понад 55 % орних земель і є найбільш родючими, в тому числі середньосуглинкові різновиди – 41 %, важкосуглинкові – 34, легкосуглинкові – 25 %.

Глибина гумусного горизонту в чорноземах типових 65–120 см і більше, вміст гумусу в них збільшується з півночі на південь. За цим показником їх поділяють на слабкогумусні (2,5–3 %), малогумусні (3–6 %), середньогумусні (понад 6 %).

Чорноземи типові середньоглибокі (65–85 см) поширені у Волинській, Рівненській і Чернігівській областях та на терасах Дніпра. Чорноземи типові глибокі (85–120 см і більше) малогумусні поширені в Тернопільській, Житомирській, Київській, Черкаській областях, а також на більшій частині Полтавської, Чернігівської і Сумської областей.

Якщо чорноземи типові середньоглибокі утворились, як правило, на лесах пилувато-легкосуглинкового гранулометричного складу, то їх глибокі відміни – на середньо- та важкосуглинкових лесах. У південній частині зони на півночі Одеської, Кіровоградської, півдні Полтавської, південному сході Сумської і на більшій частині Харківської областей поширені чорноземи типові середньогумусні.

Реакція ґрунтового розчину, гідролітична кислотність і ступінь насиченості основами орного шару цих ґрунтів тісно пов'язані з глибиною залягання карбонатів і коливаються відповідно в таких межах: 5,9–7,7; 2,9–0,2 мг-екв/100 г ґрунту; 88–98 %. Проте на ґрунтах, де тривалий час вносили високі норми мінеральних добрив, наприклад під цукрові буряки, гідролітична кислотність може досягати 4 мг-екв/100 г ґрунту і більше.

Водно-фізичні властивості цих ґрунтів зумовлені їх гранулометричним складом. Щільність орного шару легкосуглинкових відмін становить 1,25–1,3 г/см<sup>3</sup>, середньосуглинкових – 1,15–1,2, важкосуглинкових і легкоглинистих – 1–1,2 г/см<sup>3</sup>; максимальна гігроскопічність і найменша вологемісткість для цих гранулометричних відмін відповідно дорівнює: 5–5,9 і 20–25 %; 8–8,4 і 27–29; 9,5–10,8 і 30–39 %, а запаси продуктивної вологи в метровому шарі – 205–215; 180–190 і 170–180 мм. Чорноземи типові характеризуються високою ємністю обмінних катіонів. Залежно від гранулометричного складу їх сума становить 16–25 мг-екв/100 г ґрунту для легкосуглинкових відмін, 26–34 – для легкоглинистих, 35–45 – для важкосуглинкових і легкосуглинкових. У складі обмінних катіонів на частку кальцію припадає 80–85 %.

Ці ґрунти характеризуються підвищеним вмістом в орному шарі легкогідролізованого азоту (9–14 мг/100 г ґрунту), рухомого фосфору (12–20), обмінного калію (16–20 мг/100 г ґрунту). На частку чорноземів опідзолених і темно-сірих лісових ґрунтів припадає близько 22 % орних земель зони. Хоча ці ґрунти і відзначаються досить високою родючістю, проте вона менша, ніж у чорноземів типових. Дані ґрунти мають досить глибокий (65–110 см) гумусовий горизонт. Масова частка гумусу в орному шарі супіщаних відмін становить 1,8–2,2 %, в легко- і середньосуглинкових – 2,7–4,5, у важкосуглинкових і легкоглинистих – близько 5–5,5 %.

Водно-фізичні та агрохімічні властивості чорноземів опідзолених і темно-сірих лісових ґрунтів дещо гірші, ніж типових чорноземів. У них трохи вища щільність складення орного шару, менший запас продуктивної вологи і ступінь насиченості основами, вони більш кислі ( $pH_{KCl} = 5,3 \dots 6,5$ , гідролітична кислотність – 1,5–3,8 мг-екв/100 г ґрунту), мають менший запас загальних і доступних форм поживних речовин, хоча ступінь забезпеченості ними рослин знаходиться в межах середньої та підвищеної.

Значну площу в Лісостепу (близько 10 % орних земель) займають сірі лісові ґрунти. Серед них виділяють світло-сірі і сірі ґрунти (темно-сірі лісові ґрунти було розглянуто раніше разом з чорноземами опідзоленими).

Гранулометричний склад цих ґрунтів досить різноманітний – від супіщаного до суглинкового. Щільність складення орного шару коливається від 1,32 до 1,40 г/см<sup>3</sup>, в ілювіальному – в межах 1,45–1,50 г/см<sup>3</sup>. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі за найменшою вологемісткістю – 150–180 мм. Вміст гумусу в орному шарі досягає 1,5–3 %, реакція ґрунтового розчину сильно варіює ( $pH_{KCl} = 4,6 \dots 6,4$ , гідролітична кислотність – 1,5–5,5 мг-екв/100 г ґрунту), ступінь насиченості основами становить 75–90 %.

Незважаючи на ряд негативних властивостей, при вапнуванні та систематичному використанні органічних і мінеральних добрив на цих ґрунтах можна вирощувати високі врожаї доброї якості.

Сірі та темно-сірі реградовані ґрунти, а також чорноземи реградовані, які також поширені в зоні Лісостепу (близько 8 % орних земель), внаслідок вторинного окарбоначування мають нейтральну реакцію, більш гумусовані, оструктурені і родючіші порівняно з нереградованими ґрунтами.

Усі ґрунти Лісостепу належать до підтипу звичайних. Проте в західній частині Лісостепу (Львівська, Тернопільська, Івано-Франківська, Рівненська та деякі інші) розповсюджені ґрунти підтипу вологих (оглеєних), наприклад чорноземи типові вологі, чорноземи опідзолені вологі, чорноземи вилугувані вологі, темно-сірі та сірі лісові вологі. Вони відрізняються від звичайних ґрунтів тим, що в умовах сезонного перезволоження мають чітко виражені ознаки глеевих процесів у вигляді сизих і сизо-іржавобурих плям або розводів по профілю. Карбонати представлені переважно різної форми. Щільність складення їх значно вища, особливо в нижній частині профілю (1,7–1,8 г/см<sup>3</sup>), що істотно погіршує водно-повітряний режим ґрунту, та кисліша реакція ґрунтового розчину і більший вміст рухомого алюмінію. Крім того, ґрунти підтипу вологих мають меншу родючість порівняно зі звичайними ґрунтами.

Лучні та лучно-чорноземні ґрунти залягають на надзаплавних терасах рік, днищах балок і блюдеподібних депресіях, на плато з неглибоким рівнем підґрунтових вод. Глибина їх гумусового профілю – 50–150 см, вміст гумусу – 4–6,5 %. Дані ґрунти бувають звичайні, солонцюваті й осолоділі. Солонцюваті відміни мають лужну реакцію ( $\text{pH}_{\text{водний}} = 8 \dots 9$ ), негативні водно-фізичні і фізико-хімічні властивості.

У північній частині Лісостепу розповсюджені також дерново-підзолисті ґрунти, характерні для зони Полісся.

У Лісостепу в зв'язку з інтенсивною розчленованістю території гідрографічною мережею і розвитком ерозійних процесів широко розповсюджені ґрунти різного ступеня змитості: слабо-, середньо- і сильнозмиті. Водно-фізичні, фізико-хімічні й агрохімічні властивості цих ґрунтів та їх родючість нижчі від незмитих аналогів і залежать від ступеня розвитку ерозійних процесів. Отже, ґрунтовий покрив Лісостепу дуже різноманітний (близько 160 видів), проте в цілому відзначається значно більшою родючістю, ніж ґрунтовий покрив Полісся.

Науково обґрунтована система удобрення культур у сівозмінах передбачає насамперед ретельне врахування властивостей ґрунту. На сірих лісових ґрунтах, чорноземах типових і опідзолених, а інколи і на чорноземах типових, де тривалий час вносили високі норми мінеральних добрив, в першу чергу визначають потребу і місце проведення вапнування ґрунту в сівозміні.

Вапнякові матеріали вносять у повній нормі за гідролітичною кислотністю. У підзоні недостатнього і нестійкого зволоження найкращим місцем внесення вапна в сівозміні є парове поле, де висівають озими, що передують цукровим бурякам, або бурякове поле в ланці сівозміни з паром, а також багаторічні трави чи зернобобові культури. В умовах достатнього зволоження вапно доцільно вносити безпосередньо під цукрові буряки.

Одним із видів вапнякових матеріалів, які широко використовують у Лісостепу та відзначаються високою ефективністю, є дефекат. Позитивна дія дефекату зумовлена не тільки наявністю в ньому кальцію і нейтралізуючих речовин, а й інших елементів живлення, зокрема азоту, фосфору і калію. Дефекат доцільно використовувати старий, що пролежав кілька років, просушений, подрібнений і просіяний крізь сито з діаметром отворів від 2 до 5 мм.

Вапнування проводять один раз на ротацію сівозміни, а при високій насиченості мінеральними добривами – через 6–7 років. Для поліпшення агрофізичних і фізико-хімічних властивостей солонцюватих ґрунтів і створення нейтральної реакції розчину один раз за ротацію вносять гіпс. Найкращим місцем внесення є цукрові буряки, озима пшениця, що передують цукровим бурякам, чи горох. Під бобові культури, особливо на сі-

рих лісових ґрунтах і чорноземах опідзолених, рекомендується вносити бактеріальні препарати.

Одним із важливих засобів підвищення продуктивності культур у сівозміні є використання органічних добрив. Найбільша ефективність від них виявляється на ґрунтах важкого гранулометричного складу в перші 3–4 роки, а на ґрунтах легкого гранулометричного складу – в перші 2 роки. Окупність 1 т органічних добрив за період дії в сівозміні становить 0,6–0,7 ц/га зерна в зоні недостатнього зволоження і до 1 ц/га – в зоні достатнього і нестійкого зволоження. Органічні добрива сприяють збереженню та збільшенню родючості ґрунтів і нагромадженню гумусу. Для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в умовах інтенсивного землеробства насиченість орних земель сівозміни органічними добривами повинна становити 13–14 т/га. Вносити органічні добрива слід не менш як 2–3 рази за сівозміну під такі високопродуктивні культури, як цукрові буряки, кукурудза, картопля, коноплі, або під їх попередник – озиму пшеницю.

У польових сівозмінах Лісостепу гній рекомендується вносити в таких нормах, т/га: під озими зернові – 20–30, під кукурудзу, цукрові буряки і картоплю – 30–50. Під час внесення безпідстилкового гною норми збільшують у 1,5–2 рази. В зоні достатнього зволоження крім гною слід виготовляти і вносити торфогнойові та інші види компостів.

На схилах у ґрунтозахисних сівозмінах багаторічні трави вирощують 3–4 роки і більше. Тут для вирощування високих урожаїв сіна за 1–2 роки до сіви трав під попередник (як правило, це озима пшениця) рекомендується вносити підвищені норми гною в кількості 40–60 т/га. Проте при внесенні одних органічних добрив рослини в початковий період росту відчувають нестачу в мінеральному живленні доти, доки органічні речовини не починають інтенсивно розкладатися. Цей недолік не спостерігається за сумісного внесення органічних добрив з мінеральними. Таке поєднання рекомендується насамперед під цукрові буряки, картоплю, озиму пшеницю, коноплі і кукурудзу.

За наявності в господарстві великої кількості мінеральних добрив їх вносять також під інші культури сівозміни. Ефективність мінеральних добрив зумовлюється не тільки рівнем вмісту поживних речовин у ґрунті, а й загальною культурою землеробства. Тут доречно навести слова Д. І. Менделєєва, який ще на початку виробництва і використання мінеральних добрив вимагав їх використовувати на фоні загальної високої культури землеробства: «Я восстаю против тех, кто печатно и устно проповедует, что все дело в удобрениях, что, хорошо удобряя почву, ее можно кой-как пахать»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Работы по сельскому хозяйству и лесоводству. – М., 1965. – С. 96.

Найбільший приріст урожаю від мінеральних добрив спостерігається при допосівному (основному) їх внесенні, яке рекомендується застосовувати на якомога більшій площі. Тому в сільськогосподарському виробництві під основний обробіток ґрунту вносять повну норму органічних добрив і не менш ніж 70–80 % загальної кількості мінеральних добрив, відведених під культуру.

У підзоні недостатнього і нестійкого зволоження найкращі результати отримують під час внесення всіх видів добрив під оранку, оскільки при цьому їх переважна кількість потрапляє у вологий шар ґрунту, в якому розміщена основна маса коріння рослин. У підзоні достатнього зволоження (західний Лісостеп) нітратні та нітратно-амонійні добрива вносять під зяблеву оранку не рекомендується внаслідок можливого вимивання азоту в нижні шари ґрунту. Фосфорні і калійні добрива в усіх агроґрунтових провінціях Лісостепу України найкраще вносити під оранку.

Фосфоритне борошно і фосфатшлак вносять тільки під основний обробіток ґрунту на кислих ґрунтах – підзолисті, сірі лісові, чорноземи опідзолені та вилугувані. Не можна вносити ці добрива на кислих ґрунтах одночасно з вапном в один і той самий шар ґрунту.

Для основного удобрення цукрових буряків найкращою формою калійних добрив на чорноземах типових, вилугуваних та опідзолених є каїніт, на сірих і темно-сірих ґрунтах – калійна сіль. Ефективність калійних добрив підвищується на ґрунтах після їх вапнування. Застосовувати каїніт на кислих ґрунтах допускається лише за умови їх попереднього вапнування.

Підживлювати сільськогосподарські культури доцільно лише за недостатнього внесення або у разі порушення оптимальних співвідношень поживних речовин у складі основного удобрення. Необхідною умовою ефективного використання мінеральних добрив для підживлення є достатній вміст вологи у верхніх (10–20 см) шарах ґрунту в період після підживлення, що спостерігається, як правило, в агроґрунтових провінціях Лісостеп західний та Лісостеп лівобережний низинний. За відсутності зрошення в підзонах недостатнього і нестійкого зволоження (агроґрунтові провінції Лісостеп лівобережний високий, Лісостеп правобережний центральний високий) на ґрунтах важкого гранулометричного складу підживлення менш ефективне, ніж допосівне внесення. Можливість позбавлення культур припосівного удобрення, особливо фосфором, припускається лише за дуже високого вмісту поживних речовин у ґрунті та після внесення високих норм добрив під основний обробіток ґрунту. Орієнтовну систему удобрення культур у сівозмінах Лісостепу наведено в табл. 78, із якої видно, що вапно ре-

Таблиця 78. Орієнтовна система удобрення культур в 10-пільній сівозміні Лісостепу на чорноземах глибоких вилугуваних середньосуглинкових

№ п/п	Чергування культур у сівозміні	Органічні добрива, т/га	Мінеральні добрива, кг/га								
			основне			припосівне			підживлення		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Пар, зайнятий озимими та однорічними травами										
2	на зелений корм			60	30				30		
3	Озима пшениця <sup>1</sup>	30	30	50	50				30		
4	Цукрові буряки		150	160	170	10	15	10			
5	Ярі зернові з підсівом конюшини					10	10	10			
6	Конюшина									30	45
7	Озима пшениця			80	80				60		
8	Цукрові буряки (1/2 поля)	40	130	150	160	10	15	10			
9	Кукурудза на зерно (1/2 поля)	40	80	80	80	10					
10	Горих			40	40						
	Озима пшениця		30	80	80				60		
	Кукурудза на силос (1/2 поля)	50	90	80	80		10				
	Соняшник (1/2 поля)		60	60	60						

<sup>1</sup> Місце внесення вапна в сівозміні.

комендується вносити під першу озиму пшеницю. Це зумовлюється високою чутливістю на вапнування конюшини, яку вирощують на третій рік після дії вапна. Можливі також інші місця внесення вапна в сівозміні (в пару, під цукрові буряки, під кукурудзу та інші культури).

Найкращим місцем внесення органічних добрив є озима пшениця після парового поля (30 т/га), цукрові буряки в ланці з конюшиною (40 т/га), кукурудза на силос та зерно (50 і 40 т/га відповідно). Таке застосування органічних добрив забезпечить насиченість орної землі сівозміни в межах 12 т/га на рік, що сприяє підвищенню продуктивності не тільки тих культур, під які вони вносяться, а й сівозміни в цілому, а також забезпечить бездефіцитний баланс гумусу в ґрунті.

У наведеній системі удобрення рекомендовані норми мінеральних добрив близькі до оптимальних. Вони створюють насиченість сівозміни в межах 200 кг/га на рік, що забезпечує високу продуктивність культур і максимально можливу окупність

добрив продукцією рослинництва. При потребі зниження норм мінеральних добрив у сівозміні його здійснюють насамперед під тими культурами, де вносять органічні добрива, оскільки окупність мінеральних добрив на фоні органічних нижча, ніж у разі їх окремого внесення. Припосівне удобрення вносять у першу чергу під високопродуктивні культури, а також під ті, де не проводили основне удобрення або було внесено низькі норми добрив.

Використання азотних добрив для підживлення озимої пшениці є обов'язковим заходом вирощування її за прогресивною технологією. При цьому дози добрив і строки їх внесення встановлюють за результатами ґрунтової і рослинної діагностики з урахуванням запланованої врожайності. У рекомендованій системі удобрення культур (див табл. 78) підживлення озимої пшениці в різних полях сівозміни проводять неоднаковими дозами азоту, оскільки в полі, де вносили гній, передбачається вищий рівень забезпеченості рослин азотом.

### 9.3. Степ

Степова зона України займає найбільшу площу (близько 40 % усієї території). До цієї зони входять Луганська, Донецька, Дніпропетровська, Запорізька, Миколаївська, Херсонська області, південні райони Харківської, Кіровоградської, Одеської областей, а також рівнинні райони Автономної Республіки Крим. У цій зоні виділено такі агроґрунтові провінції: Степ північний, Степ північний правобережно-дніпровський, Степ північний лівобережно-дніпровський, Степ північний донецький, Степ північний задонецький. Степ південний придунайський, Степ південноукраїнський, Степ південний кримський, Степ сухий причорноморський, Степ сухий північнокримський. Відповідно до ґрунтово-кліматичних умов і характеру рослинності степову зону умовно поділяють на північний і центральний Степ (посушлива зона) та південний Степ (дуже посушлива зона).

Територія характеризується хвилястими рівнинами, а в ряді випадків – контрастністю рельєфу.

У цілому клімат Степу середньоконтинентальний посушливий. Надходження прямої і розсіяної сонячної радіації за рік становить 225–260 кДж/см<sup>2</sup>, а за період з температурами  $\geq +5$  і  $\geq +10^\circ\text{C}$  відповідно 176–216 і 153–189 кДж/см<sup>2</sup>.

Тривалість безморозного періоду 150–225 діб (на Південному березі Криму 225–255), а сума температур  $\geq +5$  і  $\geq +10^\circ\text{C}$  відповідно 3000–3900 і 2800–3500 (на Південному березі Криму відповідно 4100–4200 і 3700–3900). Середні багаторічні дати переходу середньодобової температури повітря через  $5^\circ\text{C}$  при-

падають навесні на 21 березня – 11 квітня, а восени – на 21 жовтня – 24 листопада (на Південному березі Криму відповідно 9–19 березня і 27–29 грудня).

Середня багаторічна сума опадів за рік становить 405–525 мм в центральному і північному Степу; 300–500 – в південному Степу і 425–635 мм на Південному березі Криму, в тому числі за вегетаційний період – відповідно 230–340, 180–320, 225–240 мм.

Величина ГТК в центральному і північному Степу становить 0,7–1, в південному Степу – 0,4–0,7, на Південному березі Криму – 0,4.

У зоні Степу, крім Криму, особливе місце займає Донбас, для якого характерна вертикальна зональність. Так, на вершині Донецького кряжа середньорічна температура становить  $+6,9^\circ\text{C}$ , а в інших місцях –  $+7,8^\circ\text{C}$ , середньорічна кількість опадів – відповідно 556 і 450 мм. Влітку опади випадають у вигляді злив, що при складному рельєфі викликає інтенсивний розвиток ерозії.

У ґрунтовому покриві орних земель степової зони України переважають чорноземи звичайні (59,1 %), чорноземи південні (20,5), каштанові (8,0), чорноземні і дернові ґрунти на нелесових породах (5,4), чорноземи лучні та лучно-чорноземні ґрунти (6,0), інші ґрунти – 1 % орних земель Степу. За гранулометричним складом ці ґрунти переважно є важкосуглинковими та глинистими. Лише близько 15 % орних земель зони мають легкий і середньосуглинковий склад.

Чорноземи звичайні поширені в північному Степу на плато, їх схилах та лесових річкових терасах і характеризуються добре розвинутим гумусовим профілем (до 120 см) із зернистою та грудочкувато-зернистою структурою. Лінія залягання карбонатів проходить на глибині 30–70 см. З півночі на південь глибина гумусового горизонту поступово зменшується від 120 до 45 см, а вміст гумусу в орному шарі – від 4,7–6,1 до 4,1–4,6 %.

Щільність складення орного шару становить від 1,2–1,44 г/см<sup>3</sup> в легкосуглинкових до 1,1–1,25 г/см<sup>3</sup> в глинистих, а волога в'янення ( %), найменша вологоємність ( %) і запас продуктивної вологи в метровому шарі (мм) коливаються відповідно від 6,3–8,4 до 17,9–18,2 %; від 21,4–25,4 до 12,7–18,5 %; від 150–160 до 170–180 і до 140–160 мм.

Сума ввібраних катіонів коливається від 20 до 50 мг-екв/100 г ґрунту. Кількість обмінного натрію не перевищує 0,5–1 мг-екв/100 г ґрунту. Реакція ґрунтового профілю – слабколужна. Вміст поживних речовин в орному шарі (азоту і фосфору), як правило, середній, а калію – підвищений.

Чорноземи південні менш родючі, ніж чорноземи звичайні. Глибина гумусового горизонту у них збільшується зі сходу на захід. На лівобережжі Дніпра вона становить 50–75 см, на правобережжі Дніпра і в Задністров'ї – 65–85, в Криму – 45–65 см.

Солі та гіпе залягають неглибоко: в північній частині підзони – на глибині 3–4 м, в південній – 2–2,5, а в степовому Криму – 1,5–2 м.

За гранулометричним складом ці ґрунти майже скрізь важкосуглинкові та глинисті, лише вздовж Дніпра і біля Дністровського лиману зустрічаються окремі неширокі смуги середньо- і легкосуглинкових відмін.

Щільність складення орного шару важкосуглинкових і глинистих ґрунтів 1,12–1,30, збільшуючись вниз по профілю до 1,4–1,5 г/см<sup>3</sup>, а середньосуглинкових відповідно 1,1–1,25 і 1,3–1,4 г/см<sup>3</sup>.

Вологість в'янення у важкосуглинкових відмінах коливається від 12 до 16,5 %, а в середньосуглинкових – від 10 до 12 %. Найменша вологоємність (%) і запаси продуктивної вологи в метровому шарі (мм) в цих ґрунтах відповідно до їх гранулометричного складу становлять 30–21 і 28–21 %, 130–150 і 160–170 мм.

Реакція ґрунтового розчину орного шару близька до нейтральної – слабколужна (рН водний = 6,5...7,5), сума ввібраних катіонів у важкосуглинкових і глинистих ґрунтах – 25–50 мг-екв/100 г ґрунту, в легко- та середньосуглинкових – 15–25. Вміст обмінного натрію не більш як 0,1–1 мг-екв/100 г ґрунту, а відношення обмінного кальцію до магнію становить 4...8 : 1.

У чорноземах південних солонцюватих міститься невелика кількість обмінно ввібраного натрію (1–3 % суми обмінних катіонів), проте значно вужче від несолонцюватих відмін співвідношення між увібраним кальцієм і магнієм (3...5 : 1), вміст гумусу в орному шарі цих ґрунтів коливається від 3–5 у важкосуглинкових до 2–3 % у середньосуглинкових. Вони характеризуються високим вмістом загальних форм азоту, фосфору і калію та обмінного калію, проте гіршим, порівняно з несолонцюватими відмінками, водно-повітряним режимом й агрофізичними властивостями.

Чорноземи на нелесових породах найбільше поширені на Донецькому кряжі, Керченському півострові, Волино-Подільській височині та в передгір'ях Криму. Вони сформувались на щільних нелесових породах – глинах, елювії, мергелі, вапняку, крейді, сланцях, пісковицях тощо. Їх властивості, родючість та особливості використання зумовлюються насамперед властивостями ґрунтоутворювальної породи. Так, чорноземи на щільних глинах (глиноморфні), що зустрічаються переважно в Донецькій, Миколаївській і Одеській областях та в Автономній Республіці Крим, характеризуються важким гранулометричним складом (вміст фізичної глини 75–85 %), великою щільністю складення (1,2–1,4 г/см<sup>3</sup> в орному і 1,4–1,6 г/см<sup>3</sup> в підорному шарах), незначною глибиною гумусового профілю (25–80 см) і низьким вмістом гумусу (2,5–3,5 %). Ці ґрунти ма-

ють агрофізичні та агрохімічні властивості гірші від чорноземів на лесі і лесоподібних суглинках, часто солонцюваті та солончакуваті, слабко- та середньозміті, слабководопроникні, малопритатні під плодові дерев'яні насадження, в зв'язку з неглибоким заляганням щільних глин, проте використовуються переважно під зернові, кормові культури та ягідники.

Чорноземи залишковокарбонатні, що утворились на елювії крейди, мергелю і вапняків, зустрічаються переважно на пологіх схилах Донецького кряжа Тарханкутської височини, в передгір'ях Криму, на правих корінних берегах рік, на схилах глибоких балок.

Гранулометричний склад, водно-фізичні та агрохімічні властивості цих ґрунтів зумовлені властивостями ґрунтоутворювальної породи, експозицією та крутістю схилу і бувають повнопрофільні, слабко- та середньозміті. Щільність складення ґрунтів на крейді становить 0,5–0,8, на вапняках і мергелі – 1–1,2 г/см<sup>3</sup>, пористість відповідно 70–80 і 50–60 %. Вміст гумусу в них коливається від 2,5 до 5,5 %, а глибина гумусового профілю – від 25 до 85 см.

У зв'язку з неглибоким заляганням порід з поганими водно-фізичними властивостями ґрунти мають низьку вологоємність, значну розпорошеність верхнього шару, що сприяє вітровій ерозії. На цих ґрунтах можна успішно вирощувати зернові і кормові культури, виноград.

Чорноземи на піщаних породах (піщаноморфні) утворились на давньоалювіальних породах надплавневих терас і характеризуються глибоким гумусовим профілем (до 100 см) і несприятливими агрофізичними властивостями (щільність складення в орному шарі – 1,35–1,55, в нижніх – 1,6–1,7 г/см<sup>3</sup>, пористість – 40...45–33...38 %, найменша вологоємність – 5...10–2...4 %), мають низьку ємність вбирання катіонів – 5–10 в орному і 2–5 мг-екв/100 г ґрунту в нижніх шарах. У складі катіонів переважає кальцій, проте реакція ґрунтового розчину, як правило, слабкокисла. Ці ґрунти бідні на гумус (1,5–3) і поживні речовини, постійно зазнають дефляції.

Використовують для вирощування сидеральних культур, озимого жита, картоплі, для створення лісових (сосна) і плодово-ягідних насаджень (за наявності дрібноземлистих прошарків і похованих на глибині 1–2 м ґрунтів).

У південній частині Степу (рівнинна частина Автономної Республіки Крим, Херсонська та південні райони Одеської і Миколаївської областей) поширені темно-каштанові солонцюваті і каштанові солонцюваті ґрунти (відповідно 78 і 14 % орних земель підзони). Надлишок орних земель (8 %) зайнятий лучно-каштановими солонцюватими і подовими ґрунтами, солонцями та іншими ґрунтовими відмінками.

*Темно-каштанові солонцюваті ґрунти* переважно важкосуглинкового та легкоглинистого гранулометричного складу мають неглибокий (50–70 см) гумусовий профіль, знижений вміст гумусу (від 1,5 до 3,5 %). Щільність складення орного шару в них становить 1,2–1,3 і 1,4–1,5 г/см<sup>3</sup> в нижніх горизонтах, а волога в'янення, найменша вологоємність і запас продуктивної вологи в метровому шарі коливаються відповідно в межах 13–16 %, 21–30 % і 110–140 мм. Ці ґрунти характеризуються невисоким вмістом обмінно-ввібраного натрію (3–5 % суми катіонів) і досить вузьким співвідношенням між обмінними кальцієм і магнієм (2...4 : 1).

Реакція ґрунтового розчину цих ґрунтів здебільшого слабко-лужна ( $pH_{\text{водний}} = 7...8$ ), а вміст обмінного калію – високий і дуже високий; рухомого фосфору і доступного азоту – середній і підвищений.

*Каштанові солонцюваті ґрунти* залягають у комплексі з солонцями каштановими і поширені в Присивасько-Причорноморській смузі Лівобережжя Дніпра. Вони мають важкий гранулометричний склад, неглибокий гумусовий профіль, більш низький вміст гумусу (1,3–3 %) і більшу щільність складення, дуже близькі до темно-каштанових відмін водно-фізичні властивості. Проте в каштанових ґрунтах чіткіше виражені ознаки солонцюватості та більш вузьке співвідношення між обмінно-ввібраними кальцієм і магнієм (1,5...4 : 1), що разом із низьким вмістом поживних речовин і зумовлює їх меншу порівняно з темно-каштановими ґрунтами родючість.

*Солонці каштанові і лучно-каштанові ґрунти* характеризуються високим вмістом обмінного натрію (1–15 мг-екв на 100 г ґрунту), лужною реакцією ґрунтового розчину ( $pH$  верхнього горизонту 7–8,5, нижніх – 8,5–9), низьким вмістом гумусу (1,5–3 % в орному шарі) і дуже несприятливими агрофізичними властивостями.

На території південного та сухого Степу (на вододілах Дніпро – Інгулець, Інгулець – Інгул, в Причорноморській низині, у вузькій смузі Присивашся та узбережжя Чорного моря) поширені поди. Поди періодично затоплюються талими та дощовими водами, які зумовлюють утворення лучно-чорноземних глейових і глейоватих ґрунтів, їх солонцюватих відмін, дерново-глейових солонцюватих, лучно-каштанових солонцюватих глейових та інших відмін. Подові ґрунти залежно від породи і засоленості підґрунтових вод та часу зберігання води в них дуже різноманітні за властивостями і родючістю. Проте для всіх них характерна оглеєність і незадовільні водно-фізичні властивості.

Отже, за генезисом, морфологічними, агрофізичними і агрохімічними властивостями ґрунти Степу досить різноманітні, однак порівняно з ґрунтами Лісостепу вони менш родючі.

Основним лімітуючим фактором урожайності тут є дефіцит вологи, солонцюватість та важкий гранулометричний склад ґрунтів.

Відомо, що вода є основним лімітуючим фактором урожайності й ефективного використання добрив у Степу, проте добрива в оптимальних нормах і співвідношеннях сприяють більш раціональному її використанню рослинами. Так, зернові і зернобобові культури, а також соняшник за раціонального застосування добрив витрачають води на створення одиниці маси врожаю на 12–23 % менше, ніж без їх внесення. Ефективність добрив у цій зоні залежить також від вмісту в ґрунті поживних речовин. Результати статистичної обробки даних польових дослідів з добривами показали, що при вмісті в ґрунті рухомого фосфору (за методом Чирікова) менш як 100 мг/кг ґрунту ефективність фосфорних добрив висока; зі збільшенням рухомого фосфору до 150 мг/кг ґрунту ефективність добрив помітно зменшується, а при його вмісті понад 150 мг/кг – практично відсутня. Дія калійних добрив помітно зменшується уже при вмісті обмінного калію (за методом Чирікова) понад 160–190 мг/кг.

У цілому найвища ефективність добрив у Степу виявляється в Придунайській низині, потім у північному та центральному Степу, де переважають чорноземи звичайні (зона високої ефективності фосфорних добрив). Більш висока ефективність азотних добрив відмічається у південній частині Причорноморської низовини.

Ефективність добрив на різних типах ґрунтів Степу неоднакова. Фосфорні добрива найбільш окупаються врожайми на чорноземах звичайних, потім на чорноземах південних і на темно-каштанових солонцюватих ґрунтах. Ефективність азотних добрив, навпаки, зростає від чорноземів звичайних до південних і темно-каштанових ґрунтів. Калійні добрива малоефективні на всіх типах ґрунтів Степу і насамперед на каштанових солонцюватих ґрунтах, проте за тривалого внесення високих норм азотно-фосфорних добрив для вирощування максимально можливої врожайності калій може стати лімітуючим фактором продукційного процесу. У таких випадках і на каштанових солонцюватих ґрунтах можна рекомендувати внесення калійних добрив.

У зв'язку зі значним дефіцитом вологи в Степу з мінеральних добрив застосовують лише концентровані водорозчинні форми. При цьому вносять їх у першу чергу під найчутливішу на поліпшення умов живлення культуру – озиму пшеницю.

Велике значення в підвищенні продуктивності культур сівозміни має визначення місця і норм внесення гною. Найбільші прирости врожаю (в середньому 3–5 ц/га зерна) забезпечуються при внесенні 20 т/га напівперепрілого гною під озиму пше-



Таблиця 79. Орієнтовні системи удобрення культур у польових сівозмінах Степу

Номер поля	Чергування культур у сівозміні	Органічні добрива, т/га	Мінеральні добрива, кг/га						
			основне			припосівне			підживлення
			Z	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Z	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Північний Степ, чорноземи звичайні малогумусні важкосуглишкові									
1	Чорний і зайнятий пар	30							
2	Озима пшениця			60	45				45
3	Цукрові буряки		90	110	90	10	20	10	
4	Ячмінь з підсівом еспарцету		40	40	30				
5	Еспарцет								
6	Озима пшениця	20				10	10	10	60
7	Кукурудза на зерно		70	90	60		10		30
8	Кукурудза на силос	40				10	10	10	45
9	Озима пшениця		45	60	45				60
10	Соняшник		40	60	40				
Центральний Степ, чорноземи південні малогумусні важкосуглишкові									
1	Чорний пар	30							
2	Озима пшениця			60	30				60
3	Кукурудза на зерно		90	60	40		10		
4	Ячмінь		45	45	30				
5	Зайнятий пар	30				10	10	10	
6	Озима пшениця		60	60	40				
7	Кукурудза на зерно і силос	30				10	10	10	60
8	Зернобобові								
9	Озима пшениця		60	60	40				60
10	Соняшник		30	60					
Південний Степ, темно-каштанові і каштанові солонцюваті ґрунти на важких сугликах та легких глинах									
1	Чорний пар	30							60
2	Озима пшениця								
3	Кукурудза, зернобобові та баштанні		60	60			10		
4	Озима пшениця		90	60					
5	Зайнятий пар								
6	Озима пшениця	30				10	10	10	
7	Ячмінь та інші ярі		60	60					40
8	Кукурудза, сорго на силос і зелений корм	30				10	10	10	
9	Озима пшениця, ячмінь		60	60					30
10	Соняшник		30	60					

ницю, яку висівають після чистого чи зяйнятого пару або після непарових попередників, а також під кукурудзу. Під ці культури в першу чергу і вносять гній у зоні Степу. Зі збільшенням норми гною врожайність зернових культур і продуктивність сівозміни помітно зростає. З цією метою, а також для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунтах насиченості органічними добривами сівозміни повинна становити 8–9 т/га на рік.

Орієнтовні системи удобрення культур у сівозмінах Степу подано в табл. 79. Найкращим місцем для внесення гіпсу в сівозмінах є чорний пар, де створюються оптимальні умови перемішування його і зволоження ґрунту. Гіпс вносять при зяблевій оранці поля, відведеного під чорний пар чи під просапні культури. Одночасно з гіпсом вносять гній і мінеральні добрива – азотні і фосфорні. В умовах зрошення гіпс вносять під просапні культури.

Найкращим місцем для внесення гною є чорний пар і кукурудза. У полі, зяйнятому під пар, нагромаджується підвищена кількість води, а кукурудза характеризується дуже економним використанням води на синтез сухої речовини і є однією з найбільш високопродуктивних культур сівозміни. У разі дотримання рекомендацій, наведених у табл. 79, щодо норм і місця внесення гною досягається необхідна для бездефіцитного балансу гумусу насиченість орної землі органічними добривами (8–9 т/га) та забезпечується висока продуктивність культур сівозміни.

Норми мінеральних добрив, наведені в орієнтовній системі, забезпечують насиченість орних земель поживними речовинами в північній підзоні на 130, в центральній – 115, в південній – 90 кг/га. Така насиченість сприяє вирощуванню запланованих урожаїв культур і забезпечує високу окупність добрив продукцією рослинництва. Неоднакові норми мінеральних добрив, що рекомендуються під одні і ті самі культури, але після різних попередників, зумовлені здебільшого післядією гною і самого попередника.

#### 9.4. Гірські і передгірські райони Карпат і Криму

У гірських районах Карпат і Криму чітко виявляється ґрунтово-біокліматична зональність. Так, у Карпатах виділяють передгірський, нижній гірський лісовий, верхній гірський лісовий, субальпійський і альпійський пояси, а в Криму – передгірський північний і південний, гірсько-лісовий, гірсько-лучний і південнобережний субтропічний пояси.

Кліматичні умови в горах дуже різноманітні і зумовлені не тільки висотою місцевості, а й експозицією схилу та іншими факторами. В Карпатах середньорічна кількість опадів становить 1200–1600, а в передгірських районах – 600–800 мм. Ана-



логічна закономірність характерна і для гірського Криму. На північних схилах Кримських гір середньорічна кількість опадів на висоті 250–300 м дорівнює 500–550 мм, а на високих плоскогір'ях – 900–1250 мм, температура повітря на вершині головної гряди (1250–1450 м над рівнем моря) на 7–9 °С нижча, ніж у передгірській частині Криму.

Ґрунтовий покрив гірських районів Карпат і Криму досить складний. У гірських Карпатах переважають *буроземи* (бурі гірсько-лісові ґрунти) і *дерново-буроземні ґрунти*. Вони утворились на добре дренажному елюво-делювій пісковиків, сланців та ендезито-базальтів і характеризуються переважно суглинковим гранулометричним складом, дуже кислою реакцією ґрунтового розчину ( $\text{pH}_{\text{водний}} = 4,5 \dots 5$ ), високим вмістом рухомого алюмінію (понад 50 мг/100 г ґрунту), низькою насиченістю основами (30–50 %). Крім того, ці ґрунти бідні на поживні речовини.

У Закарпатському передгір'ї переважають *підзолисто-буроземні* кислі поверхнево оглеєні ґрунти, на Передкарпатській височині – *буро-підзолисті* кислі оглеєні (дерново-підзолисті глейові ґрунти), а на Притисненській низовині – *лучно-буроземні* кислі оглеєні ґрунти, *лучні* кислі, *лучно-болотні* та *оторфовані ґрунти*. Агрохімічні властивості цих ґрунтів близькі до буроземів і дерново-буроземних ґрунтів, проте мають гірші (в зв'язку з оглеєністю) водно-фізичні властивості.

У північній частині передгір'я Криму поширені чорноземи на давніх глинистих відкладах, на галькових породах, на елювії, щільних карбонатних породах і на щільних глинах. Вони, як правило, щебенюваті і кам'янисті з вмістом гумусу від 2,5 до 3,5 %. Південна частина передгір'я Криму вкрита *дерново-карбонатними гірсько-лісостеповими ґрунтами*, які містять від 3 до 6 % гумусу, слабколужні ( $\text{pH}_{\text{водний}} = 7,2 \dots 8$ ). Тут також зустрічаються *сірі гірсько-лісостепові ґрунти*, які на відміну від попередніх мають слабкокислу чи нейтральну реакцію ґрунтового розчину.

У гірсько-лісовій зоні поширені *буроземи* (бурі гірсько-лісові ґрунти), що розвинулись на елювії вапняків, глинистих сланців, піщаників та інших порід. Вони містять від 3 до 4,5 % гумусу, мають нейтральну чи слабкокислу реакцію.

Гірсько-лучна зона (яйла) зайнята *гірсько-лучними чорноземоподібними ґрунтами* різної глибини залягання і кам'янистості.

У Південнобережній субтропічній зоні поширені *коричневі ґрунти* на вапняках, сланцях, конгломератах. Їх властивості зумовлені властивостями ґрунтоутворювальної породи ( $\text{pH}$  коливається від 6 на безкарбонатних породах до 7,7 на вапняках, а вміст гумусу відповідно становить від 6 до 9 %).

Сільськогосподарське виробництво в гірських районах країни характеризується високими інтенсивністю та спеціалізацією. Тут відсутні традиційні сівозміни, розорані землі використовують переважно під городні, кормові, рідше зернові культури, ягідники, сади. Меліоративні заходи спрямовані на поліпшення водно-повітряного, а використання добрив – поживного режиму цих ґрунтів.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Місце внесення меліорантів у сівозмінах Полісся, Лісостепу і Степу.
2. Норми підстилкового гною та компостів для зернових, просапних і овочевих культур.
3. Назвіть прийоми і строки внесення азотних, фосфорних і калійних добрив на Поліссі, в Лісостепу і Степу.
4. Дози і форми припосівного удобрення.
5. Яка ефективність мікроелементів на Поліссі, в Лісостепу і Степу?
6. Як встановити потребу у внесенні мікродобрив?
7. Яка ефективність припосівного внесення добрив у Лісостепу і Степу?
8. В яких випадках і під які культури в Лісостепу проводять підживлення? Яких умов при цьому треба дотримуватись?
9. Місце та оптимальні норми внесення гною в польових сівозмінах Степу.
10. Місце і норми внесення гіпсу в сівозмінах Степу.
11. Обґрунтуйте використання видів і форм мінеральних добрив у Степу.

## СИСТЕМА УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНАХ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

Створення оптимальних умов зволоження ґрунту і забезпечення рослин водою є основною умовою високої ефективності добрив. Зрошення і високий рівень агротехніки забезпечує найвищу окупність одного кілограма азоту, фосфору і калію продукцією.

На чорноземах звичайних і чорноземах південних окупність одиниці азоту, фосфору і калію зерном кукурудзи становить 11,1 кг, озимої пшениці – 10,2 кг, а на темно-каштанових ґрунтах – зерном кукурудзи – 15,7 кг, зерном озимої пшениці – 13,7 кг, зерном гречки – 6,7 кг.

Нестача вологи в ґрунті не дає змоги рослинам виявити свої потенційні можливості та ефективно використовувати потенційні можливості ґрунту і поживні речовини з добрив. Достатня кількість вологи сприяє розвитку у рослин добре розвинутої кореневої системи, що має велику поверхню поглинання, яка інтенсивніше поглинає поживні речовини.

За умов оптимального зволоження посилюється біологічна активність ґрунту. Із сухого і засоленого ґрунту поживні речовини надходять у розчин ґрунту та рослину в дуже малих кількостях. Тому ріст і розвиток рослин затримується, продуктивність їх різко знижується. Рослини, які потерпіли від посухи, значною мірою втрачають здатність поглинати вологу і поживні речовини з ґрунту та добрив.

В умовах поливу коренева система рослин формується переважно в орному та підорному шарах, що сприяє кращому засвоєнню рослинами води і поживних речовин добрив. У зрошуваних рослин добре розвивається додаткове або вузлове коріння, яке інтенсивно поглинає азот. Посилене живлення азотом або калієм збільшує поглинальну здатність коріння, а посилене поглинання фосфору збільшує також їх масу. Тому, встановлюючи строки, норми поливу і внесення добрив, можна впливати на глибину проникнення кореневої системи та на продуктивність рослин і якість продукції.

Зрошення посилює ріст і розвиток рослин, подовжує вегетаційний період, особливо за достатнього азотного живлення.

В умовах півдня України подовження вегетаційного періоду сприяє більш інтенсивному використанню сонячної енергії, внаслідок чого створюються умови для формування більш високого врожаю.

Якщо поливи проводять часто (дощування малими нормами, освіжаючі поливи), то вплив зрошення на рослину виявляється через листя. Він посилюється за додаткових позакорневих підживлень – нанесення розчинів добрив на поверхню листя. При цьому період старіння молодого листя затримується, а старого, навпаки, посилюється. Витрата води на формування одиниці врожаю при застосуванні добрив значно зменшується. Досвід показує, що на півдні України добрива доцільно застосовувати не тільки для поліпшення умов живлення, а й для економного і кращого використання рослинами води після зрошення. Застосування добрив знижує коефіцієнт водоспоживання води озимою пшеницею на 10–38 %, кукурудзою – на 18–32, цукровими буряками – на 8–30, помідорами – до 45 %. Тому, враховуючи це, важливо дотримуватись технології і строків поливу, не затримуватись з проведенням поливів у критичні періоди використання води і поживних речовин рослинами. Порушення строків і технології поливу не забезпечує високої ефективності застосування добрив та зрошення.

Дотримання оптимальних умов зволоження в кореновому шарі ґрунту на рівні 75–85 % найменшої вологості забезпечує створення нормальних умов життєдіяльності рослин, внаслідок чого створюються умови максимальної оплати одиниці добрива продукцією. У посушливі роки зрошення є основним фактором, який забезпечує формування врожаю у критичні періоди поглинання рослинами води і поживних речовин. Оптимальне забезпечення рослин водою і поживними речовинами не тільки посилює ріст рослин і підвищує їх продуктивність, а й дає змогу створювати в зоні зрошення базу для вирощування гарантованих урожаїв основних сільськогосподарських культур.

Зрошення підвищує ефективність рядкового і дробного внесення добрив, дає змогу цілеспрямовано регулювати умови формування врожаю високої якості при використанні різних технологій на основі економічного й екологічного обґрунтування застосування засобів хімізації. Зрошення і застосування добрив сприяє підвищенню врожайності у 1,5–3 рази порівняно з незрошуваними умовами. Прирости врожаю від застосування добрив становлять, ц/га: озимої пшениці – 20–35, кукурудзи на зерно – 30–50, кукурудзи на зелену масу – 150–200, сіна люцерни – 60–80, цукрових буряків – 150–200. Проте неправильне сумісне застосування зрошення і добрив може зумовити зниження якості зерна пшениці, олійних і овочевих культур, вино-

граду, плодово-ягідних культур, оплату одиниці добрива продукцією, забруднення навколишнього середовища.

Чорноземні ґрунти Лісостепу (зона недостатнього і нестійкого зволоження), чорноземи і каштанові ґрунти Степу характеризуються високими потенційними можливостями. Тому кількість і склад гумусу зрошуваних чорноземів залежать від інтенсивності зрошення, гранулометричного складу, окультурення ґрунту і вирощування культур у сівоzmіні. Внаслідок зрошування зменшується кількість гумінових кислот, зв'язаних з кальцієм, і тип гумусу набуває фульватного характеру. Одночасно з інтенсивним виносом кальцію підвищується активність натрію, що зумовлює погіршення фізичних властивостей ґрунту. Крім того, зрошення впливає на сольовий режим ґрунту: змінюється кількість і склад солей, тип засолення, збільшується розчинність та інтенсивність міграції по профілю карбонатів і гіпсу, підвищується їх біологічна активність (Б. С. Носко, Г. Я. Чесняк, 1984).

Порушення технології поливу, зниження кількості та якості обробітку ґрунту, недостатня кількість внесених добрив, особливо тих, що містять органічну речовину і кальцій, призводять до засолення, осолонцювання й оглеєння ґрунтів.

Рослини, які вирощують в умовах оптимальної вологості, характеризуються інтенсивним ростом, великою вегетативною масою і добре розвинутою кореневою системою, мають високі обводнення і тургор, транспірацію і продуктивність. При цьому синтез відбувається краще, а переміщення асимілятів у репродуктивні органи здійснюється значно швидше і повніше (С. І. Тома, 1984).

В умовах зрошення вміст нітратного азоту в орному шарі ґрунту зменшується, рухомість фосфору і калію підвищується. Інтенсивний розвиток надземної маси рослин потребує більшого засвоєння азоту та інших елементів живлення. На всіх ґрунтах встановлена першочергова роль азотних добрив при зрошенні. Збільшення потреби рослин у фосфорі виявляється під час освоєння зрошуваних земель. Ефективність фосфорно-калійних добрив залежить від забезпеченості рослин азотом.

У формуванні врожаю високої якості в умовах зрошення вирішальна роль належить азоту. Враховуючи велику рухомість азоту нітратів і порівняно швидку трансформацію азоту амонію та потребу збереження його в кореневій масі шарі, значну частину азоту вносять навесні (дробно). Аміачні, амонійні форми азотних добрив, сечовину вносять восени, інші азотні добрива – навесні.

Критичний період живлення рослин просапних культур азотом виявляється у фазі 3–6 листків. У цей період ефективно проводити кореневі підживлення рослин одночасно з поливною водою. Крім того, вирощування високих урожаїв в умо-

вах зрошення неможливе без наявності достатньої кількості фосфору. У зв'язку з інтенсивним поглинанням фосфору добрив чорноземами та каштановими ґрунтами фосфор залишається у місцях внесення, тобто він не вимивається. Тому більшу частину дози фосфорних добрив вносять при основному обробітку ґрунту, а залишок – в рядки під час сівби.

В умовах зрошення високоефективним є застосування суперфосфату та рідкого комплексного добрива. За низької забезпеченості рослин фосфором ефективність підживлення просапних культур суперфосфатом висока. Особливо ефективні підживлення за достатнього забезпечення рослин азотом. Тому підживлення проводять азотно-фосфорними добривами.

На фоні високої агротехніки під час застосування азотно-фосфорних добрив ефективність калійних підвищується, особливо на ґрунтах з низьким і середнім рівнем забезпеченості рослин обмінним калієм. Так, встановлена висока ефективність калійних добрив на півдні України. Після внесення підвищених норм азотно-фосфорних добрив обов'язково треба вносити і калійні добрива, проте при вмісті обмінного калію понад 250 мг/кг сільськогосподарські культури на внесення калійних добрив уже не реагують.

За необґрунтовано високих норм поливу на давно та інтенсивно зрошуваних ґрунтах відзначено їх ущільнення, погіршення структури і водно-повітряного режиму. У них пригнічуються процеси нітрифікації, посилюється мінералізація органічних сполук і гумусу, можуть відбуватися процеси засолення.

Внесення органічних добрив не тільки збільшує в ґрунті запас поживних речовин, а й поліпшує його фізичні властивості, посилює мобілізацію елементів живлення, підвищує продуктивність сівоzmіни. В умовах зрошення внесення 30–40 т/га гною забезпечує підвищення врожаю зерна озимої пшениці на 7–8 ц/га, зерна кукурудзи – на 14–28, зеленої маси кукурудзи – на 110, кормових буряків – на 122 ц/га. Кукурудза, яку вирощують на силос, краще реагує на пряму дію гною, а озима пшениця – на його післядію.

Гній в умовах зрошення є основним джерелом фосфору і калію. Недостатнє застосування гною погіршує азотний режим ґрунтів. Для підвищення ефективності гною використовують поєднане застосування гною й азотних добрив. Післядія органічних добрив на врожай не довготривала.

Переprілий гній вносять під глибоку оранку для вирощування цукрових і кормових буряків, кукурудзи, овочів, картоплі. Мілко зароблений гній швидко мінералізується, втрачає багато поживних речовин і не поліпшує фізико-хімічних властивостей ґрунту. До гною в процесі компостування доцільно добавляти фосфоритне борошно, гноївку, 5–10 % гіпсу.

Сумісне використання органічних і мінеральних добрив підвищує якість сільськогосподарської продукції. Так, застосування гною разом з повним мінеральним добривом збільшує вміст білка в зерні озимої пшениці, а застосування фосфорно-калійних добрив – нагромадження вуглеводів у насінні, плодах, органах розмноження, сахарози у коренеплодах цукрових буряків, крохмалю в бульбах картоплі.

Винос поживних речовин в умовах зрошення значно більший, ніж на богарі. Наприклад, 1 т зерна озимої пшениці виносить, кг: азоту – 28–32, фосфору – 11–13, калію – 27–29, а кукурудза відповідно – 20–27, 7–14, 20–29 (І. Д. Філіп'єв, 1984).

Коефіцієнти використання азоту з гною становлять 24–30 %, фосфору – 28–45, калію – 50–60 %, а з ґрунту відповідно 43–60 %, 45–60 і 8–15 %. Коефіцієнт використання азоту з мінеральних добрив досягає 50–61 %, фосфору – 12–20, калію – 60–70 %.

Застосування добрив і зрошення високоефективне в зоні недостатнього, нестійкого зволоження, а також у посушливій зоні.

### 10.1. Застосування добрив у Лісостепу в умовах зрошення

Застосування азотно-фосфорних добрив на чорноземах типових у зоні Лісостепу досить ефективне. В умовах зрошення головна роль у підвищенні врожайності належить азотним добривам. Потреба в застосуванні калійних добрив при цьому зростає на чорноземах опідзолених і сірих лісових ґрунтах. Сумісне внесення гною і повного мінерального добрива збільшує на 50–100 % вплив самого зрошення на врожайність культур. Найбільше реагують на зрошення люцерна, цукрові буряки, пшениця, кормові культури.

**Люцерна.** На післядню гною люцерна реагує досить добре. Крім того, під неї доцільно вносити  $N_{60-90}P_{100}K_{90}$ . Під час сівби люцерни в рядки вносять  $P_{10}$ . Люцерну у перший рік росту підживлюють рано навесні  $N_{30}$ . Фосфорно-калійні добрива застосовують з урахуванням ґрунтової і рослинної діагностики.

**Озима пшениця.** На зрошуваних землях Лісостепу після люцерни вносять  $P_{60}K_{60}$ . Фосфорно-калійні добрива застосовують під основний обробіток ґрунту, азотні – кілька разів з урахуванням результатів ґрунтової і листкової діагностики.

Після кукурудзи на силос і зелений корм вносять фосфорно-калійні добрива  $P_{75}K_{90}$ , а після вологозарядкового поливу під час ранньовесняного і пізнього підживлення – азотні  $N_{150}$ .

У дослідях Інституту кукурудзи УААН підживлення озимої пшениці на початку фази виходу в трубку збільшило приріст зерна на 3–4 ц/га порівняно з ранньовесняним підживленням.

**Цукрові буряки.** Під цукрові буряки на зрошуваних чорноземах, як правило, вносять 30–40 т/га гною і  $N_{120-200}P_{100}K_{100-150}$ .

Для вирощування цукрових буряків після обертання пласта багаторічних трав норму гною і мінеральних добрив зменшують, враховуючи рівень забезпеченості рослин поживними речовинами. На чорноземах опідзолених, сірих лісових ґрунтах норму азоту і калію збільшують на 30 %.

**Кукурудза на силос.** На чорноземах Лісостепу під кукурудзу вносять 30–40 т/га гною разом з  $N_{150-200}P_{90-100}K_{90-120}$ . На сірих лісових ґрунтах, чорноземах опідзолених у разі підвищеної загущеності посіву кукурудзи норму добрив збільшують на 30–50 %. Високоефективним є внесення фосфорних добрив у рядки, а азотних – для підживлення.

### 10.2. Застосування добрив у Степу в умовах зрошення

**Північний Степ.** Люцерна позитивно реагує на гіпсування і внесення в рядки фосфорних добрив ( $P_{10}$ ). В умовах північного Степу для удобрення люцерни під основний обробіток ґрунту вносять  $P_{40-60}K_{30-40}$ , під передпосівну культивування –  $N_{40-60}$ . Рослини другого і третього року життя удобрюють рано навесні, вносячи азоту 40–50 % повної норми, після першого укосу – 20–25, після другого – 15–20 та після третього – 10–15 %.

**Озима пшениця.** Висока продуктивність озимої пшениці на зрошуваних землях зумовлюється підвищеним біосинтезом у листках і відтоком асимілятів. Зрошення підвищує врожайність зерна, але вміст білка в ньому зменшується. В листках озимої пшениці на богарі кількість білка й амінного азоту менша, ніж в умовах зрошення. За допомогою підживлень азотними добривами та оптимізації умов водозабезпеченості пшениці можна значно поліпшити якість її зерна на зрошуваних полях. Однак треба враховувати, що внаслідок порушення технології зрошення погіршується водозабезпеченість рослин, збільшується кількість вільних амінокислот у листках, стеблах і колосках пшениці, що пов'язано з порушенням синтезу білків і їх гідролізом, а в листках і стеблах, крім того, затримується відтік амінокислот у колоски. Затримання їх пересування призводить до зниження фотосинтезу і синтезу білків у листках.

Рациональна система удобрення підвищує врожайність озимої пшениці на 15 ц/га і більше. Найбільші прирости зерна забезпечують азотні добрива. Оптимальна норма добрив для вирощування 60–70 ц/га зерна становить  $N_{90}P_{150}$ . У північних районах Степу і на легких ґрунтах вносять  $P_{40-60}$ . Норми добрив коригують, враховуючи забезпеченість рослин азотом, фосфором і калієм, властивості ґрунту і величину запланованого врожаю. Високоефективним є застосування суперфосфату в рядки під час сівби ( $P_{10}$ ).

Добрива на ґрунтах важкого гранулометричного складу з глибоким рівнем залягання ґрунтових вод і малим вмістом азоту вносять під основний обробіток ґрунту або 2/3 норми до сівби і 1/3 для підживлення наприкінці весняного кушіння – на початку виходу в трубку. На ґрунтах легкого гранулометричного складу з високим рівнем залягання ґрунтових вод азотні добрива вносять дробно: 30 % норми під передпосівну культивування, а залишок норми – для підживлення.

На ґрунтах зі значним вмістом азоту для запобігання переростанню рослин озимої пшениці восени і для зменшення можливих втрат азоту внаслідок вимивання азоту азотні добрива під основний обробіток не вносять. Навесні за результатами ґрунтової і листової діагностики проводять підживлення рослин азотними добривами. Азотні добрива можна вносити за допомогою дощувальних машин разом з поливною водою під час проведення вегетаційних поливів.

Якість зерна підвищується після застосування сенікації в умовах зрошення. Для сенікації, коли зерно має тістоутворювальну стиглість, посіви обприскують розчином аміачної селітри або сульфату амонію (20–30 кг/га) в суміші з аміною сіллю 2,4Д (25–50 г/га) на 200 л води. Сенікація прискорює старіння листя пшениці, посилюючи з них відтік асимілятів і продуктів гідролізу в зерно, що сприяє збільшенню в них вмісту білка на 1,5–2 %.

**Цукрові буряки.** Під час вирощування цукрових буряків на солонцюватих ґрунтах треба вносити 3–5 т/га гіпсу. На темно-каштанових ґрунтах і чорноземах південних вносять до 50 т/га гною,  $N_{110-130}P_{80-100}K_{30}$ . Якщо цукрові буряки вирощують після неудобраних попередників, норму добрив збільшують на 20–30 %. Під кормові буряки вносять 40 т/га гною та  $N_{100}P_{60}K_{40}$ . На ґрунтах легкого гранулометричного складу норму калійних добрив збільшують до 120–160 кг/га, без внесення органічних добрив норму мінеральних добрив збільшують на 25–30 %.

**Кукурудза на зерно.** Під кукурудзу на фоні 50–60 т/га гною на чорноземах і каштанових ґрунтах вносять  $N_{150-180}P_{60-80}$ .

**Соя.** Ця культура добре реагує на гіпсування ґрунту. Як правило, восени вносять  $P_{60-90}$ , а навесні –  $N_{30-60}$ . Насіння сої перед сівбою обробляють ризоторфіном і солями молібдену.

**Картопля.** На чорноземах під зяблеву оранку вносять  $N_{90-120}P_{90-120}K_{90}$ .

**Центральний Степ.** За реакцією на добрива культури розташовуються у такій послідовності: буряки, овочеві та картопля, озима пшениця, кукурудза, соя, багаторічні трави, післяжнивні культури.

**Східний Степ.** В умовах зрошення на внесення мінеральних добрив добре реагують люцерна, кукурудза на силос, кормові коренеплоди, соя та однорічні культури.

**Люцерна.** Найбільшу віддачу отримують від разового внесення  $P_{60}K_{60}$  під основний обробіток ґрунту. Азотні добрива вносять під передпосівну культивування ( $N_{60}$ ) і використовують для двох підживлень – навесні та після другого укосу. На другий і третій рік життя під люцерну вносять по 30 кг азоту на 1 га.

**Кукурудза на силос.** Під зяблеву оранку вносять  $N_{150}P_{90}K_{60}$  і для підживлення у фазі 9–10 листків  $N_{60}$ .

**Соя.** Під основний обробіток ґрунту вносять  $N_{90}P_{90}K_{90}$ . Насіння сої перед сівбою обробляють ризоторфіном. Підживлюють сою на початку цвітіння аміачною селітрою ( $N_{60}$ ).

**Південний Степ.** Під озиму пшеницю після люцерни вносять  $N_{120-150}P_{90}K_{30-60}$ , а після кукурудзи –  $N_{150-180}P_{90}K_{30-60}$ . Фосфорно-калійні добрива застосовують під основний обробіток ґрунту, а частину – вносять у рядки ( $P_{10}$ ); 2/3 азоту вносять під основний обробіток ґрунту, а 1/3 – навесні наприкінці весняного кушіння – на початку виходу в трубку. На ґрунтах з високим рівнем ґрунтових вод і легкого гранулометричного складу 30 % річної норми азоту використовують під передпосівну культивування, а решту – для підживлення. Азотні добрива вносять також з поливною водою під час вологозарядкових або вегетаційних поливів, що дає змогу підвищити оплату одиниці азоту зерном і зменшити витрати внесення добрив.

**Кукурудза.** Під кукурудзу вносять фосфорно-калійні добрива ( $P_{60-120}K_{60-90}$ ) під основний обробіток ґрунту, азотні ( $N_{120-180}$ ) – дробно (10 % від норми азоту – під основний обробіток ґрунту, а решту – з поливною водою у фазі 8–9 та 12–13 листків).

**Соя.** Фосфорно-калійні добрива ( $P_{60-90}K_{30-60}$ ) вносять під основний обробіток ґрунту, азотні ( $N_{30-60}$ ) – під передпосівну культивування. До сівби насіння сої обробляють ризоторфіном.

**Соняшник.** Під основний обробіток ґрунту вносять  $N_{60-90}P_{60-90}K_{30-60}$ . Соняшник добре реагує на післядїю гною.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Як змінюється ефективність добрив залежно від ґрунтово-кліматичних умов?
2. Поясніть процеси мобілізації й іммобілізації сполук азоту, які відбуваються в ґрунті після застосування азотних добрив.
3. Як змінюється ефективність фосфорних добрив залежно від вмісту азоту і калію в ґрунтах?
4. Назвіть способи регулювання колообігу поживних речовин.
5. Як можна зменшити негативний вплив азоту та деяких мікроелементів на якість сільськогосподарської продукції?

## УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР ОВОЧЕВОЇ СІВОЗМІНИ

Овочеві культури порівняно з польовими більш вибагливі до світла, тепла, повітряного та кореневого живлення. Для формування високого врожаю більшість із них використовує значну кількість поживних речовин (табл. 80).

За виносом поживних речовин овочеві культури умовно поділяють на такі групи: високого виносу (середньо- і пізньостиглі сорти капусти); середнього виносу (помідори, огірки, цибуля, морква, буряки); низького виносу (редиска, петрушка, салат, шпинат, селера).

У зв'язку із слабкорозвинутою кореневою системою овочеві культури потребують наявності в ґрунті достатньої кількості легкодоступних поживних речовин. Тому їх розміщують на високородючих окультурених ґрунтах, які мають добрі водно-фізичні властивості, вміст гумусу не менш ніж 2,5 %, а фосфору і калію – близько 150–200 мг/кг ґрунту. Вміст легкогідролізованого азоту має становити не менш як 50 мг/кг ґрунту.

Для запобігання накопиченню нітратів у овочах кількість азоту мінеральних сполук у ґрунтах із вмістом гумусу менш як 5 % не повинна перевищувати 60 мг/кг, в ґрунтах із вмістом гумусу понад 5 % – 90 мг/кг ґрунту. Різні овочеві культури потребують неоднакових умов до елементів живлення. Так, листкові овочі (капуста, шпинат, салат, шавель) найчутливіші до нестачі в ґрунті азоту; помідори – фосфору; столові буряки, морква, петрушка, селера, часник, цибуля – фосфору і калію.

Овочеві культури по-різному використовують поживні речовини з добрив (табл. 81) і ґрунту. Це пояснюється їх різними вегетаційними періодами, будовою кореневої системи, кількістю і складом корневих виділень та іншими біологічними особливостями. Овочеві культури чутливі до високої концентрації поживних речовин у ґрунті. За цією ознакою їх умовно поділяють на дві групи: більш витривалі (столові буряки, помідори, капуста) і менш витривалі (морква, цибуля, огірки). Морква, цибуля, огірки погано ростуть і розвиваються при вмісті розчинних солей у ґрунті 0,2–0,3 %, хлору – понад 0,007–0,01 %. Помідори і капуста витримують концентрацію розчинних солей до 0,4 %, буряки – до 0,6–0,7 %.

Таблиця 80. Винос поживних речовин урожаєм з урахуванням побічної продукції овочевих культур (Інститут овочівництва і баштанництва УААН)

Культура	Варіант досліду	Товарна врожайність, ц/га	Винос з урожаєм, кг						
			на 1 т товарної продукції			з 1 га			
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	НРК, suma
Капуста пізня	1	590	4,4	1,0	3,1	261	58	181	500
	2	821	5,6	1,0	2,3	460	84	189	733
Помідори	1	358	3,1	0,8	3,2	110	30	115	255
	2	460	3,1	0,8	3,4	137	38	157	332
Огірки	1	296	3,2	1,1	3,4	96	32	100	328
	2	364	2,8	0,9	3,1	101	34	114	249
Цибуля	1	218	4,5	1,2	1,9	99	26	40	165
	2	307	4,5	1,0	2,1	139	31	65	236
Столові буряки	1	400	3,7	0,8	2,9	147	34	114	295
	2	619	4,1	1,1	3,0	253	66	189	508
Столова морква	1	477	5,9	1,6	3,0	280	79	143	502
	2	561	5,7	1,6	2,7	320	90	150	560

Примітка. 1 – варіанти без добрив; 2 – варіанти з добривами.

Таблиця 81. Використання овочевими культурами поживних речовин з добрив, %

Культура	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Капуста пізня	60	30	80
Капуста рання	50	20	70
Огірки	40	9	26

Овочеві культури відзначаються високою вибагливістю і до реакції ґрунтового середовища, за відношенням до якої їх поділяють на чотири групи.

1. Столові буряки, капуста білоголова, цибуля, часник, селера, шпинат, пастернак добре ростуть і розвиваються при близькій до нейтральної реакції ґрунтового середовища і найбільш сильно реагують на вапнування ґрунту.

2. Огірки, цибуля, салат, капуста цвітня, бруква вимагають слабокислої реакції ґрунтового середовища і добре реагують на вапнування.

3. Морква, петрушка, редиска, ріпа, помідори, кабачки, гарбузи, редька відзначаються підвищеною чутливістю до вапнякових матеріалів. Тому вапнування ґрунтів під ці культури проводять у знижених нормах і тільки на сильно- і середньокислих ґрунтах.

4. Щавель та ревінь добре ростуть і розвиваються на кислих ґрунтах без їх вапнування.

Під час вирощування овочевих культур на кислих ґрунтах їх вапнують з урахуванням реакції культур на внесення вапнякових матеріалів. На слабко- і середньосолонцюватих ґрунтах проводять гіпсування, вносячи 4–6 т/га гіпсу.

Органічні добрива використовують насамперед під огірки і білоголову капусту (середньо- і пізньостиглі сорти). Під цибулю і столові коренеплоди (морква, буряки, петрушка, редиска, селера, пастернак, ріпа, редька) вносити свіжий чи напівперепрілий гній через погіршення товарних якостей та лежкості не рекомендується. Під ці культури вносять перегній (20–40 т/га) чи розмішують їх на другий-третій рік після внесення гною. Як правило, під помідори гній вносити не рекомендується через сильне гілкування вегетативної маси та ослаблення органів плононошення. Проте на ґрунтах, бідних на органічні речовини, допускається вносити гній під помідори в кількості 20–30 т/га.

На заплавлених, піщаних і супіщаних ґрунтах органічні добрива вносять навесні. Безпідстилковий гній під овочеві культури використовувати не дозволяється.

Норми мінеральних добрив встановлюють, виходячи із властивостей ґрунту, біологічних особливостей вирощуваної овочевої культури і рівня запланованої врожайності, користуючись при цьому рекомендаціями науково-дослідних установ (табл. 82). Фосфорні та калійні добрива вносять восени під зяб. Виняток становлять заплавні ґрунти, осушені торфовища, а також піщані і супіщані ґрунти, де ці добрива вносять навесні. Азотні добрива в зоні достатнього і надлишкового зволоження та в умовах зрошення вносять навесні, в інших випадках – восени під зяблеву оранку.

Під час сівби чи садіння овочевих культур рекомендується вносити повне мінеральне добриво  $N_{10}P_{10}K_{10}$ . Під помідори

Таблиця 82. Рекомендовані норми добрив на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся (Б.С. Носко)

Культура	Гній, т/га	Мінеральні добрива, кг/га		
		N	$P_2O_5$	$K_2O$
Капуста				
рання і цвітна	30–40*	90	60	60
середньо-пізньостигла	40–60	140	120	120
Огірки	40–60	45	60	60
Помідори		60	90	90
Цибуля	30–40	60	90	90
Столові коренеплоди		60	60	90

\* Вносять перегній.

дозу фосфорних добрив збільшують удвічі. Під час садіння розсади розсадо-посадковою машиною добрива вносять з поливною водою (концентрація розчину до 0,2 %).

Підживлення овочевих культур доцільно проводити у таких випадках: за відсутності чи недостатньої кількості добрив під час основного внесення; в умовах зрошення при частих поливах і тривалих періодах вегетації; в зонах достатнього і надлишкового зволоження на ґрунтах легкого гранулометричного складу; за високих норм мінеральних добрив, коли одноразове внесення добрив може значно підвищити концентрацію ґрунтового розчину і негативно вплинути на ріст і розвиток рослин.

### 11.1. Застосування добрив для вирощування розсади

Для вирощування розсади готують суміш із 75 % торфу, 22 % перегною, 2–3 % – свіжого гною великої рогатої худоби. На 1 м<sup>3</sup> цієї суміші добавляють 1,5 кг аміачної селітри, 1,7 просто-го суперфосфату, 0,6 кг хлориду калію, 0,5–1 г бури, 0,4 г молібдату амонію. Реакція середовища суміші має бути слабкокислою або нейтральною. Із ретельно перемішаної суміші роблять горщечки і висівають у них насіння.

Розсаду підживлюють у віці 15–20 та 25–40 діб, використовуючи на кожну раму по 10 л живильного розчину, склад якого для першого підживлення такий, г/10 л: аміачної селітри – 20, суперфосфату – 20, хлориду калію – 7. Для другого підживлення концентрацію живильного розчину збільшують удвічі.

Удобрення білоголової капусти. Вегетаційний період білоголової капусти залежно від сорту коливається від 60 до 140 діб. Коренева система в неї стрижнева, проникає в ґрунт на глибину до 0,5 м. Капуста потребує близької до нейтральної реакції ґрунтового середовища; оптимальне значення рН = 6,7...7,2. Серед овочевих культур білоголова капуста відзначається високою продуктивністю (середньо- і пізньостиглі сорти) та підвищеною потребою в поживних речовинах, максимальна кількість яких надходить у період формування головки. З елементів живлення капуста має найбільшу потребу в азоті, інтенсивне надходження якого продовжується аж до збирання врожаю, потім у калії. Фосфору капуста потребує небагато і на ґрунтах з високим рівнем вмісту цього елемента на внесення фосфорних добрив не реагує.

Капуста добре росте при реакції ґрунту, близькій до нейтральної. Тому для вирощування капусти кислі ґрунти треба обов'язково вапнувати. Під час вирощування капусти на про-вапнованих ґрунтах слід використовувати борні добрива в кількості 1 кг/га бору при основному внесенні або 0,2–0,3 кг/га для підживлення; на торф'яних ґрунтах необхідно вносити мідні добрива з розрахунку 0,5–1 кг/га міді при основному внесенні.



Без використання органічних добрив високі врожаї білокової капусти доброї якості виростити неможливо. Тому під ранню капусту вносять перегній 30–40 т/га чи розмішують її так, щоб вона використовувала післядію гною; під середньо- і пізньостиглі сорти капусти безпосередньо вносять 40–60 т/га гною.

Для нормального живлення рослин капусти у перший період росту (під час сівби) використовують гранульований суперфосфат із розрахунку 10–15 кг/га  $P_2O_5$ , під час садіння розсадою – повне мінеральне добриво по 10–15 кг/га NPK. Підживлення азотними добривами по 30–40 кг/га проводять перед формуванням головки капусти. Рекомендовані норми мінеральних добрив для ґрунтово-кліматичних зон України під капусту та інші овочеві культури наведено в табл. 83.

**Удобрєння огірків.** Особливість живлення та удобрення огірків полягає в тому, що ця культура має короткий вегетаційний період, тривалість якого залежно від сорту становить 40–75 діб. У зв'язку з цим огірки потребують наявності в ґрунті достатньої кількості легкодоступних поживних речовин. Рослини огірків мають слабкорозвинуту кореневу систему, яка погано використовує поживні речовини з ґрунту і добрив. Ця культура високочутлива до підвищеної концентрації солей і кислотої реакції ґрунтового розчину. Оптимальне значення рН=6,5...7. Тому під огірки використовують мінеральні добрива в легкокорозійній формі, висококонцентровані, безбаластні, в невисоких нормах та органічні добрива. Кислі ґрунти вапнують.

Рослини огірків вибагливі до концентрації вуглекислого газу в надґрунтовому повітрі. Тому під огірки вносять свіжий нерозкладений гній, який повністю забезпечує рослини вуглекислим газом, що виділяється з ґрунту у процесі розкладання гною, та елементами живлення, поліпшує тепловий режим, підвищує родючість ґрунту. Добре реагують огірки на підживлення рідкими органічними добривами (гноївка, сеча та ін.).

Мінеральні добрива під огірки рекомендують вносити невеликими нормами – по 45–60 кг/га NPK (див. табл. 83). У разі утворення нестандартних (спотворених форм) огірків слід використовувати борні добрива для позакореневого підживлення (200–250 г/га бору). Аналогічний результат дає також обробіток насіння огірків 0,1 % -м (за вмістом бору) розчином борної кислоти.

При виявленні за допомогою рослинної і ґрунтової діагностики протягом вегетації огірків нестачі в ґрунті поживних речовин треба проводити їх підживлення мінеральними добривами, яке здійснюють лише на нейтральних чи слабкокислих ґрунтах у період появи першого справжнього листка та в період утворення перших зав'язей. Оптимальна доза мінеральних добрив для підживлення –  $N_{10}P_{20}K_{20}$ .

Таблиця 83. Рекомендовані норми добрив під овочеві культури (Б.С. Носко)

Культура	Сумісне внесення органічних і мінеральних добрив				Внесення мінеральних добрив, кг/га		
	Гній, т/га	Мінеральні, кг/га			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
Правобережний Лісостеп, чорноземні ґрунти (без зрошення)							
Капуста рання і цвітна	40*	60	60	60	120	60	90
Капуста середньо- і пізньостигла	40	90	60	60	120	120	120
Огірки	40	60	90	60	60	90	90
Помідори	—	—	—	—	90	120	90
Цибуля	30–40*	90	60	90	120	90	120
Столові коренеплоди	—	—	—	—	60	60	60
Лівобережний Лісостеп, чорноземні ґрунти (в умовах зрошення)							
Капуста рання і цвітна	30–40*	120	90	60	150	90	90
Капуста середньо- і пізньостигла	30–40	120	60	45	120	120	90
Огірки	30–50	45	60	45	90	120	90
Помідори	—	—	—	—	135	120	90
Цибуля	30*	120	60	60	120	150	120
Столові коренеплоди	—	—	—	—	120	90	90
Лівобережний Лісостеп, чорноземні ґрунти (без зрошення)							
Капуста рання і цвітна	30–40*	45	45	45	90	60	90
Капуста середньо- і пізньостигла	30	45	45	45	60	60	60
Огірки	40	45	60	45	60	60	60
Помідори	—	—	—	—	45	60	60
Цибуля	30*	45	60	45	60	60	—
Столові коренеплоди	—	—	—	—	120	90	90
Степ, чорноземні ґрунти (в умовах зрошення)							
Капуста рання і цвітна	30–40*	120	90	60	180	90	60
Капуста середньо- і пізньо-стигла	30–40	120	60	45	160	120	90
Огірки	30–40	120	90	60	130	120	90
Перець солодкий	30*	120	60	45	140	120	60
Баклажани	30*	129	60	60	160	160	60
Цибуля	30*	90	60	60	120	120	90
Столові коренеплоди	—	—	—	—	90	90	90

\* Вносять перегній.



**Удобрення помідорів.** Помідори – це культура, що має довгий вегетаційний період (110–120 діб), добре розвинуту мичкувату кореневу систему, яка проникає в ґрунт на глибину 110–120 см. Рослини помідорів не дуже вибагливі до реакції і концентрації солей ґрунтового розчину.

Максимальне поглинання поживних речовин у помідорів припадає на період формування у них плодів.

Найбільш вибагливі помідори до фосфорного живлення. Оптимальне співвідношення **НРК становить 1 : 2,5 : 0,7**. Тому на ґрунтах, багатих на азот, азотні добрива і гній вносити під помідори не рекомендується, оскільки азот викликає сильне гілкування вегетативної маси та ослаблює органи плодоношення. Використання гною в кількості 20–30 т/га виправдане лише на дуже бідних на гумус ґрунтах.

Для вирощування розсади помідорів під них збільшують дозу суперфосфату порівняно з іншими овочевими культурами в 4–6 разів. При основному удобренні мінеральні добрива  $N_{45-60}P_{90-120}K_{60-90}$  вносять з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті і рівня запланованої врожайності. Під час садіння помідорів слід вносити повне мінеральне добриво  $N_{10}P_{20}K_{10}$ . Ранні позакореневі підживлення рослин помідорів фосфором (2–2,5 %-ві водні розчини) прискорюють дозрівання їх плодів.

Мікроелементи (В, Мп, Zn) на фоні повного мінерального добрива підвищують урожай та якість помідорів, зокрема цукристість і вміст вітаміну С. Борні добрива ефективні на дерново-глейових і нейтральних ґрунтах, цинкові – на дерново-підзолистих, марганцеві – на чорноземних ґрунтах. При основному удобренні під помідори вносять 3 кг/га бору, 5–8 цинку, 1–2 кг/га марганцу, для підживлення використовують 0,02–0,1 %-ві водні розчини солей цих мікроелементів.

**Удобрення цибулі.** Вегетаційний період у цибулі триває 90–105 діб. Коренева система в неї мичкувата, слабкорозвинута, характеризується поганою здатністю використовувати поживні речовини з ґрунту і добрив. Рослини цибулі дуже чутливі до підвищеної концентрації солей і кислотності ґрунтового розчину, оптимальне значення **pH = 6...7**.

У перші два місяці росту цибуля використовує поживні речовини дуже повільно. Максимальне їх споживання припадає на період формування цибулини. Тому для вирощування високого врожаю доброї якості цибулю треба розмішувати на високородючих ґрунтах. Ґрунти з підвищеною кислотністю вапнують, а солонцюваті – гіпсують.

З органічних добрив під цибулю слід вносити перегній чи пташиний помет. Внесення свіжого або напівперепрілого гною погіршує якість і лежкість цибулин під час зберігання. З міне-

ральних добрив використовують висококонцентровані легко-розчинні форми по 60–90 кг/га **НРК**.

У припосівному удобренні необхідно використовувати лише гранульований суперфосфат у дозах 10–20 кг/га  $P_2O_5$ . За потреби проводять підживлення цибулі: перше – для стимулювання росту зеленої маси азотно-фосфорними добривами ( $N_{10}P_{15}$ ); друге – для поліпшення живлення цибулини через 20–25 діб після першого калійними добривами ( $K_{20}$ ).

**Удобрення столових коренеплодів.** До цієї групи належать різні за біологічними особливостями овочеві культури: буряки, морква, петрушка, селера, пастернак, ріпа, редька та ін. Загальними для них є порівняно невисокий винос поживних речовин та підвищена потреба у фосфорному і особливо в калійному живленні, що враховують у рекомендованих нормах добрив (див. табл. 83).

Більшість столових коренеплодів негативно реагують на підвищену концентрацію солей і кислотність ґрунтового розчину. Тому кислі ґрунти вапнують, а з мінеральних добрив використовують легкорозчинні концентровані форми. Мінеральні добрива під столові коренеплоди вносять, як правило, у два прийоми: під оранку (основне) і під час сівби. В останньому випадку використовують повне мінеральне добриво з розрахунку по 10 кг/га **НРК**. Для основного внесення використовують невисокі норми повного мінерального добрива.

Свіжий і слабкоперепрілий гній під столові коренеплоди не вносять через можливість їх гілкування, погіршення зберігання, якості і товарної цінності. Тому під столові коренеплоди рекомендується вносити лише перегній, проте найчастіше вони використовують післядію гною.

## 11.2. Застосування добрив в овочевій сівоzmіні в умовах зрошення

Для досягнення врожайності овочевих культур 300–400 ц/га треба 3000–5000 м³ поливної води. Навіть в умовах Полісся рослини не завжди забезпечені такою її кількістю за рахунок опадів й запасу продуктивної вологи в ґрунті. Особливо чутливі до дефіциту вологи такі культури, як ранньо- і середньостигла капуста та огірки. Тому під час вирощування овочевих культур широко використовують зрошення, насамперед для поливу капусти й огірків. Під час зрошення використовують підвищені норми мінеральних добрив, що забезпечує в умовах достатньої кількості вологи інтенсивний приріст урожаю.

Ефективність добрив значною мірою залежить від способу поливу овочевих культур. В овочівництві застосовують два способи поливу – по борознах та дощуванням. При поливі по

борознах нітрати нагромаджуються на поверхні гребеня і стають малодоступними для живлення рослин. Тому до кінця їх вегетації залишається багато невикористаного азоту, ґрунт в борознах ущільнюється, що викликає денітрифікацію і втрати азоту добрив. Під час дощування овочів ці негативні процеси відбуваються значно рідше.

В умовах зрошення змінюються не лише норми мінеральних добрив, а й строки й способи їх внесення. Це стосується насамперед азотних добрив. Наприклад, при нормі 60–100 кг/га азотні добрива доцільно вносити перед сівбою та для раннього підживлення. При нормі понад 100 кг/га азотні добрива треба вносити дробно – частину під зяблеву оранку, частину перед сівбою і частину у вигляді 2–3 підживлень. Фосфорні і калійні добрива, як і для незрошуваного вирощування, слід вносити під оранку.

Добрива для підживлення заробляють культиватором-рослинопідживлювачем до поливу по борознах. Високою ефективністю відзначається внесення добрив для підживлення з поливною водою під час дощування з використанням спеціальних гідропідживлювачів. Розчинені добрива з підживлювача подаються в струмінь води і разом з нею розпилюються по поверхні поля. Концентрація добрив у поливній воді, як правило, становить 0,1–0,3 %, гранична – 0,5 %. Спочатку рослини поливають чистою водою, потім – розчином добрив, а наприкінці поливу (5–10 хв) – знову водою для того, щоб змити добрива з листків.

Добрива не можна розчиняти в зрошувальних каналах тому, що відбуваються їх втрати та забруднення навколишніх водойм.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Чим відрізняється мінеральне живлення овочевих культур порівняно з польовими культурами?
2. Як овочеві культури реагують на реакцію ґрунтового розчину та вапнування ґрунту?
3. Використання добрив під час вирощування розсади овочевих культур.
4. Використання гною під капусту, огірки, помідори.
5. Особливість використання добрив у овочевих сівозмінах в умовах зрошення.

У живленні плодівих і ягідних культур виділяють два періоди. Перший період триває від початку вегетації до закінчення росту пагонів у довжину та збирання врожаю. У цей період рослини більше використовують азоту, ніж інших елементів живлення. Другий період, під час якого закладається основа майбутнього врожаю, починається після закінчення росту пагонів та збирання врожаю і триває до пізньої осені.

Плодові культури навесні починають рости і розвиватися за рахунок запасів, накопичених у процесі життєдіяльності попереднього року. На початку вегетації вони витрачають поживні речовини на цвітіння, ріст кореневої системи, пагонів і плодів. У цей період необхідне посилене азотно-фосфорно-калійне живлення. У другій половині літа, коли затримується ріст пагонів, поживні речовини використовуються рослинами для росту плодів, закладання квіткових бруньок. Крім того, поживні речовини транспортуються з листків у штамп, гілки, корені і використовуються восени для росту коріння. Ріст коренів, які поглинають поживні речовини, в плодівих культур у високоврожайні роки послаблюється, що є однією з причин періодичності плодоношення (С. С. Рубін, 1974).

Після збирання врожаю у плодівих культур посилюються процеси росту кореневої системи, розвиваються плодові і ростові бруньки, відкладаються запасні поживні речовини. У цей період необхідне посилене фосфорно-калійне живлення та знижене азотне. Такі умови сприяють формуванню плодівих бруньок і підвищують морозостійкість рослин.

Уманською державною аграрною академією розроблено параметри показників родючості ґрунтів, які забезпечують вирощування близько 300 ц/га і більше плодів за умови використання всіх агротехнічних заходів. Параметри показників для темно-сірого важкосуглинкового ґрунту під час вирощування яблуні такі: вміст гумусу – 2,5–3 %,  $pH_{KCl}$  = 5,3...6, гідролітична кислотність – до 2,5–3 мг-екв/100г ґрунту, сума поглинутих основ – 25–30 мг-екв/100г ґрунту, об'ємна маса – 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup>, загальна пористість – 50–55 %, капілярна пористість – 12–20 %,

вміст азоту нітратів (після 14-денного компостування) – 20–25 мг/кг ґрунту в шарі 0–40 см, доступних сполук фосфору (за методом Чирікова) – 120–160 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 150–200 мг/кг ґрунту.

Для чорнозему опідзоленого важкосуглинкового параметри такі: вміст гумусу – 3,2–3,8 %,  $pH_{KCl} = 5,6 \dots 6,2$ , гідролітична кислотність – до 2–2,5 мг-екв/100г ґрунту, сума поглинутих основ – 30–33 мг-екв/100 г ґрунту, об'ємна маса – 1,1–1,2 г/см<sup>3</sup>, загальна пористість – 50–60 %, капілярна пористість – 12–20 %, вміст нітратів – 25–31 мг/кг ґрунту, доступних сполук фосфору – 120–160 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 250–300 мг/кг (П. Г. Копитко, 1986).

Вишні, сливи, черешні, абрикоси, персики найкраще ростуть при нейтральній реакції середовища, суниці – при  $pH = 6 \dots 6,5$ , малина – при  $pH = 5 \dots 6$ .

Сіянци яблуні виносять 13 кг/га азоту, 5 фосфору, 10 кг/га калію, груші – 18 кг/га азоту, 6 фосфору, 11 кг/га калію, абрикоси – 12 кг/га азоту, 4 фосфору, 7 кг/га калію.

Винос плодовими деревами поживних речовин залежить від підщепи, сорту, віку. Так, 10-літнє дерево яблуні сорту Ренет Смиренка виносить 63 кг/га азоту, 19 фосфору, 45,6 кг/га калію; сорту Джонатан – 39,3 кг/га азоту, 11,8 фосфору, 24,5 кг/га калію. Винос поживних речовин 30-річними деревами яблуні сорту Пепінка литовська становить 385 кг/га азоту, 126 фосфору, 470 кг/га калію.

Найбільшу кількість поживних речовин поглинають ягідники, менше – плодові культури. Персик і яблуні використовують більше азоту, калію та кальцію і значно менше фосфору та магнію, ніж слива і ягідники.

Застосування добрив сприяє збільшенню виносу макро- і мікроелементів плодовими культурами. Наприклад, одне 30-річне дерево яблуні сорту Пепінка литовська без застосування добрив виносить 3,9 г міді, 0,2 кобальту, 0,7 цинку, 0,1 г нікелю, а після внесення азоту, фосфору і калію – відповідно 6,1 г міді, 0,5 кобальту, 2,4 цинку і 0,6 г нікелю (Г. К. Карпенчук та ін., 1984).

Споживання плодовими культурами елементів живлення збільшується з їх ростом і підвищенням продуктивності. Найкращою системою застосування добрив є сумісне використання органічних і мінеральних добрив, яке передбачає періодичне внесення органічних (раз у 3–4 роки) і систематичне – мінеральних добрив. Після внесення високих норм мінеральних добрив, особливо комплексних, треба застосовувати мікроелементи. Добрива у садах виносять розкидним і локальним способами. Локально добрива виносять в ямки, борозни, щілини, пошарово, ін'єкціями. Найефективнішим є пошарове внесення добрив, яке дає змогу наблизити внесення добрив до кореневої системи. Рідкі добрива

вносять вприскуванням у щілини або на дно борозни. Для внесення розчинів твердих добрив використовують гідробури.

Позакореневі підживлення дуже ефективні у разі підмерзання плодових дерев, коли надходження поживних речовин через кореневу систему утруднене. Ефективні також позакореневі підживлення мікроелементами. З метою запобігання опікам рослин підживлення проводять уранці або ввечері. Доцільно позакореневі підживлення поєднувати з внесенням пестицидів.

Добрива під плодові культури виносять восени, рано навесні і протягом їх вегетації. Коренева система плодових культур витримує високу концентрацію ґрунтового розчину, що дає змогу періодично вносити добрива. У міру розвитку кореневої системи глибину оранки, розпушування і внесення добрив збільшують, не допускаючи пошкодження скелетних і напівскелетних коренів.

Досить ефективно вносити азотні добрива рано навесні до початку цвітіння. Таке застосування азоту сприяє утворенню зав'язі на квіткових і плодових гілках у наступному році. Надлишок нітратного азоту в осінній період подовжує ріст і дозрівання плодових пагонів. Ефективне внесення фосфорно-калійних добрив у літній період, а гною і сидератів – восени. Поєднане застосування органічних і мінеральних добрив, а також сидератів у саду підвищує родючість ґрунту, поліпшує ріст і розвиток плодових культур, скорочує період вступу в плодоношення, підвищує врожай на початку плодоношення.

Для плодових і ягідних культур найкраще використовувати аміачну селітру, водний і безводний аміак, КАС (рано навесні і пізно восени). Внесення фосфорних ( $P_2$ ) і калійних ( $K_2$ ) добрив не тільки посилює дію азоту, а й прискорює плодоношення, збільшує нагромадження в ґрунті гідрофільних колоїдів, підвищує холодо- і посухостійкість рослин. Оптимальні норми добрив зменшують негативну дію низьких температур, сприяють швидкому відновленню врожайності після підмерзання дерев у суворі зими. Норми і дози добрив коригують з урахуванням ґрунтової і листкової діагностики.

### 12.1. Застосування добрив у шкільці сіянців і плодородсадику

У шкільці сіянців органічні добрива виносять один раз за розсадку, у маточно-насіньових, маточно-живцевих, маточниках низькорослих підщеп – один раз у 3–4 роки, мінеральні добрива – щороку. За середнього рівня забезпеченості рослин рухомими сполуками фосфору і калію рекомендується застосовувати такі норми добрив: Полісся (дерново-підзолисті і світло-сірі опідзолені ґрунти) – 60 т/га органічних добрив і  $N_{120}P_{90}K_{90}$ . Лісостеп (сірі і темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені і

вилугувані) – 60 т/га органічних добрив і  $N_{120}P_{90}K_{90}$ . Степ (чорноземи звичайні і південні, темно-каштанові ґрунти) при зрошенні – 40 т/га органічних добрив і  $N_{120}P_{120}K_{120}$ . Прикарпаття і Закарпаття (дерново-опідзолені, буроземно-підзолисті, дерново-буроземні) – 60 т/га органічних добрив і  $N_{120}P_{90}K_{120}$ .

У першому полі плодового розсадника вносять 80 т/га органічних добрив у зоні Полісся, Прикарпаття і Закарпаття, 60 т/га – у зоні Лісостепу і 40 т/га – у зоні Степу. При середньому рівні забезпеченості рослин фосфором і калієм на основних ґрунтах Полісся вносять  $N_{90}P_{120}K_{120}$ , Лісостепу –  $N_{120}P_{90}K_{120}$ , Степу –  $N_{120}P_{60}K_{90}$ , Прикарпаття і Закарпаття –  $N_{120}P_{120}K_{120}$ . У другому полі розсадника застосовують азотні добрива ( $N_{90-120}$ ) з урахуванням вмісту поживних речовин у ґрунті на початку вегетації під перший весняний обробіток ґрунту.

У маточних насадженнях суниці садової великоплідної вносять органічні і фосфорно-калійні добрива під оранку, азотні – одну половину норми навесні, другу – в літній період. Наприклад, за середнього вмісту рухомих сполук фосфору і калію в основних ґрунтах Лісостепу органічні добрива (60 т/га) вносять раз на 3–4 роки, мінеральні  $N_{120}P_{90}K_{90}$  – щороку.

У маточниках малини в Лісостепу вносять 60 т/га органічних добрив один раз на 3–4 роки і щороку мінеральні добрива  $N_{120}P_{90}K_{90}$ .

## 12.2. Застосування добрив перед закладанням саду

Основою майбутнього високопродуктивного саду є окультурювання ґрунту перед садінням плодкових культур, яке передбачає хімічну меліорацію, завдяки чому створюється оптимальна реакція середовища, поліпшуються водопроникність та аерація ґрунту, посилюються біологічні процеси у його глибоких шарах. Глибоке внесення добрив до закладання саду забезпечує рослини поживними речовинами тривалий час, підвищує плононошення у перші роки. Норми добрив встановлюють з урахуванням запасу поживних речовин у ґрунті (табл. 84).

Підготовка ґрунту до закладання саду полягає у плантажній оранці і внесенні добрив. Їх рекомендується вносити з метою доведення в ґрунті вмісту поживних речовин (РК) до оптимального рівня. Добрива рівномірно розподіляють по поверхні під основний обробіток ґрунту. Причому під час оранки не треба вивертати на поверхню ілювіальні, оглеєні шари. Доцільно розпушувати підорні шари ґрунту ґрунтопоглиблювачем на глибину 40–45 см. Під плантажну оранку на Поліссі вносять 50–60 т/га гною або компостів,  $P_{200-300}K_{120-150}$ , в Лісостепу – 40–50 т/га гною,  $P_{250-300}K_{250-400}$ , в Степу – 40–50 т/га гною,  $P_{230-300}K_{120-150}$  (табл. 85).

Таблиця 84. Класифікація ґрунтів за забезпеченістю рухомими формами фосфору і калію (шар 0–40 см)

Ґрунт	Метод визначення	Забезпеченість рослин $P_2O_5$ і $K_2O$ , мг/кг ґрунту			
		низька	середня	висока	дуже висока
Для плодкових культур – $P_2O_5$					
Дерново-підзолистий, буроземно-підзолистий	Кірсанова	<80	80–160	160–240	>240
Світло-сірий, сірий лісовий	»	<100	100–200	200–300	>300
Темно-сірий лісовий, чорнозем опідзолений і вилугуваний	Чирікова	<120	120–240	240–360	>360
Чорнозем звичайний і південний, темно-каштановий	Мачигіна	< 20	20–60	60–90	>90
Для плодкових культур – $K_2O$					
Дерново-підзолистий, буроземно-підзолистий	Маслової	<60	60–120	120–180	>180
Світло-сірий, сірий лісовий	«	<100	100–200	200–300	>300
Темно-сірий лісовий, чорнозем опідзолений і вилугуваний	«	<150	150–300	300–450	>450
Чорнозем звичайний і південний, темно-каштановий	Мачигіна	<180	180–360	360–450	>450
Для ягідних культур – $P_2O_5$					
Дерново-підзолистий, буроземно-підзолистий	Кірсанова	<80	80–160	160–240	>240
Світло-сірий, сірий лісовий	«	<100	100–200	200–300	>300
Темно-сірий лісовий, чорнозем опідзолений і вилугуваний	Чирікова	<150	150–200	250–380	>380
Чорнозем звичайний і південний, темно-каштановий	Мачигіна	<20	20–60	60–90	>90
Для ягідних культур – $K_2O$					
Дерново-підзолистий, буроземно-підзолистий	Маслової	<60	60–120	120–180	>180
Світло-сірий, сірий лісовий	«	<100	100–200	200–300	>300
Чорнозем звичайний і південний, темно-каштановий	Мачигіна	<180	180–300	300–450	>450

Таблиця 85. Норми добрив під плантажну оранку залежно від забезпеченості рослин елементами живлення

Добрива	Забезпеченість рослин гумусом, фосфором і калієм			
	дуже низька	низька	середня і підвищена	висока і дуже висока
Органічні, т/га	100	60–100	40–60	20–40
Мінеральні, кг/га				
фосфорні ( $P_2O_5$ )	600–800	400–600	200–400	0
калійні ( $K_2O$ )	800–1000	600–800	400–600	0

Таблиця 86. Норми добрив для молодого саду, кг/га (П. Д. Попович та ін.)

Зона	На 4–5-й рік після садіння				На 6–8-й рік після садіння			
	Гній, компост, т/га	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гній, компост, т/га	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Полісся	30	60	45	60	30	90	45	90
Прикарпаття	30	60	45	45	30	90	60	60
Карпати, Закарпаття								
Лісостеп	25	60	45	45	25	90	60	90
Степ								
зрошувані сади	20	60	45	45	20	90	60	60
те саме при утриманні ґрунту під паром	30	90	45	45	30	120	60	60
те саме при задернінні міжрядь	–	120	60	60	–	150	60	60

Таблиця 87. Норми органічних і мінеральних добрив на одну яму для садіння, кг (С. С. Рубін)

Добрива	Дерново-підзолисті ґрунти			Чорноземи і каштанові ґрунти		
	насінячкові	кісточкові	ягідні куці	насінячкові	кісточкові	ягідні куці
Гній (перепрілий), компост, перегній	20–30	10	6–8	10–12	8	4–6
Суперфосфат	1	0,40	0,20	0,50	0,30	0,15
Суперфосфат з фосфоритним борошном (1 : 2)	1,50	0,60	0,40	–	–	–
Хлорид калію	0,10	0,05	0,03	0,06	0,04	0,02
Сульфат калію	0,15	0,06	0,02	0,08	0,05	0,03
Попіл деревний	0,80	0,40	0,20	0,40	0,20	0,10
Аміачна селітра	0,06	0,40	0,02	0,06	0,04	0,02
Молодий вапняк, доломіт	0,6–1,0	0,3–0,4	0,1–0,15	–	–	–

У рік садіння дерев добрива не вносять, а вносять їх (N<sub>60</sub>) на 2–3-й рік перед обробіткою ґрунту. На 4–5-й рік вносять повне добриво з урахуванням забезпеченості рослин азотом, фосфором і калієм (табл. 86). На схилах добрива вносять після нарізання терас.

Внесення органічних і мінеральних добрив перед закладанням молодого саду дає змогу зменшити норми добрив у період догляду за садом.

На малогумусних ґрунтах внесення добрив поєднують з ґрунтопоглибленням.

В індивідуальному садівництві на ґрунтах піщаного гранулометричного складу та на кам'янистих ґрунтах під час садіння молодого саду на дно ями вносять добрива і перемішують з ґрунтом (табл. 87). Ефективність добрив, внесених у яму під час садіння саджанців, виявляється у перші 3–4 роки.

### 12.3. Удобрення молодого саду

У саду міжряддя утримують у стані чорного пару або задерніння. Під час внесення добрив відступають від штамба дерева на 20–50 см. Добрива в саду вносять починаючи з другого року після садіння дерев. До початку плодоношення застосовують

Таблиця 88. Норми органічних і азотних добрив для удобрення молодого саду (П. Д. Попович та ін.)

Зона, ґрунти	Гній або компост, т/га	Азотні добрива, кг/га
<i>Полісся</i>		
Дерново-підзолисті	40	90
<i>Прикарпаття, Закарпаття</i>		
Дерново-опідзолі, буроземно-опідзолі, дерново-буроземні середньо- і важкосуглинкові	40	90
<i>Лісостеп</i>		
Світло-сірі і сірі опідзолі легко- і середньосуглинкові при утриманні міжрядь під чорним паром	30	90
те саме під задернінням	–	120
Темно-сірі опідзолі, чорноземи опідзолі і вилугувані, легко-, середньо- і важкосуглинкові при утриманні міжрядь під чорним паром	35	90
незрошувані сади	35	120
зрошувані сади при утриманні міжрядь під чорним паром	–	120
незрошувані сади	–	150
<i>Степ</i>		
Чорноземи звичайні і південні важко- і легкосуглинкові незрошувані сади	30	60
зрошувані сади при утриманні міжрядь під чорним паром	30	90
те саме при утриманні саду під задернінням	–	120
Темно-каштанові важко- і легкосуглинкові незрошувані сади	30	90
зрошувані сади при утриманні міжрядь під чорним паром	30	90
те саме при утриманні саду під задернінням	–	120

Таблиця 89. Норми мінеральних добрив для насаджень, кг/га (П. Д. Попович та ін.)

Зона	Вік дерев					
	9–15 років			Понад 15 років		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Насадження 160–200 дерев на 1 га</i>						
Полісся	60–90	45	90	60–90	60	120
Прикарпаття, Карпати, Закарпаття	90	45	63	90	60	60
Лісостеп	90–120	45–60	90–120	90–120	60	90–120
Степ	60–120	45–60	45	120–150	60	60
<i>Насадження 300–600 дерев на 1 га</i>						
Полісся, Прикарпаття	90–120	160	120	120–150	60	120–150
Карпати, Закарпаття	120	60	60	120	60	120
Лісостеп	90–120	60	120	120–150	60	120
Степ	90–150	60–90	60	90–120	60–90	60–90

тільки органічні добрива один раз у 3–4 роки, а з мінеральних – лише азотні (табл. 88).

У районах Степу на чорноземах звичайних і південних, а також на темно-каштанових ґрунтах, якщо було внесено рекомендовану кількість органічних і мінеральних добрив під час передсадивної підготовки ґрунту, органічні добрива можна не вносити до початку плодоношення. Норми азотних добрив коригують за вмістом азоту в молодих листках однорічних пагонів, відібраних у фазу закінчення росту (третя декада липня – перша декада серпня). Якщо вміст азоту в листках менший за оптимальний, то норму азоту збільшують на 30 %.

Якщо під час закладання саду не було внесено рекомендовану кількість добрив, то, починаючи з четвертого року, крім органічних і азотних добрив вносять фосфорно-калійні (табл. 89).

#### 12.4. Удобрення плодоносного саду

Удобрення плодівих культур залежить від стану утримання міжрядь, які здебільшого утримують у стані чорного пару або займають сидеральними культурами. У районах достатнього зволоження на Поліссі і в Лісостепу вирощують такі сидерати, як фацелія, гірчиця, ріпак.

Люпин багаторічний на другий рік утворює 350–450 ц/га рослинної маси, яку скошуюють і після рівномірного розподілу заорюють. На третій рік зелену масу заробляють дисковими знаряддями. У Степу сидерати (горох, фацелія, гірчиця) вирощують у умовах зрошення. Під бобові сидерати вносять P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, під небобові – N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Для удобрення сидератів доцільно використовувати важкорозчинні мінеральні добрива з низьким вмістом поживних речовин.

Таблиця 90. Ефективність добрив за різних способів утримання міжрядь у саду (М. В. Козак, 1994)

Сорт яблуні і варіант дослідів	Чорний пар	Дерново-перегнійна система
<i>Джонатан</i>		
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	233	246
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	256	244
N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	251	245
<i>Кальвіль сніговий</i>		
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	219	234
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	211	221
N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	233	239

Таблиця 91. Оптимальні рівні вмісту елементів живлення в листках плодівих культур, % на суху речовину

Культура	Азот (N)	Калій (K <sub>2</sub> O)
Яблуня	1,9–2,6	0,9–2,0
Груша	2,0–2,6	1,4–2,3
Слива	2,4–3,2	2,3–2,6
Вишня	2,0–2,5	1,3–1,5
Черешня	2,5–3,0	1,7–2,0
Абрикос	2,8–3,6	1,7–2,3

Під час утримання міжрядь під чорним паром 30–40 т/га гною або компосту вносять один раз через 2–3 роки. Мінеральні добрива вносять щороку. При задернінні міжрядь саду органічні добрива не вносять. Норми фосфорно-калійних добрив при паровій, дерново-перегнійній системі утримання ґрунту коригують, враховуючи продуктивність насаджень та забезпеченість плодівих культур рухомими формами фосфору і калію.

Для уточнення норм азотних і калійних добрив використовують дані про вміст азоту і калію в листках однолітніх пагонів у фазу закінчення їх росту (третя декада липня – перша декада серпня) (табл. 91).

У разі меншого за оптимальну норму вмісту азоту і калію кількість добрив збільшують на 20–30 %. Високоєфективним у садівництві є застосування мікроелементів і комплексонів. Краплинне зрошення сприяє

Таблиця 92. Вплив добрив на зберігання плодів яблук сорту Джонатан, % (зберіглося на кінець лютого, М. В. Козак, 1994)

Варіант дослідів	Спосіб утримання міжрядь у саду	
	чорний пар	дерново-перегнійна система
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	98,9	97,9
N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	99,3	99,2
N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub>	98,8	98,6

кращому засвоєнню поживних речовин і дає змогу зменшити норму на 25–50 %. Систематичне застосування лише одних мінеральних добрив у садах призводить до погіршення фізико-хімічних та інших властивостей ґрунту, зниження врожайності.

Якість плодів, товарність, смакові й поживні їх якості значною мірою визначаються генетичними особливостями сортів. Урожайність, якість і лежкість плодів одного й того самого сорту залежить від ґрунтових і погодних умов, агротехнічних заходів, застосування добрив (табл. 92). Добрива підвищують у плодах вміст пектинових і дубильних речовин, аспарагінової і глутамінової кислот, цистеїну. Смакові якості і забарвлення плодів змінюються за нестачі поживних речовин у ґрунті.

Подовження тривалості застосування добрив сприяє збільшенню розмірів плодів. Поєднане застосування мінеральних добрив і сидератів збільшує вихід стандартних плодів до кінця зберігання. За поєднаного використання органічних і мінеральних добрив з метою збільшення виходу стандартної продукції плоди треба реалізувати раніше.

## 12.5. Удобрення ягідників

Суніця садова великоплідна. У живленні рослин визначають два періоди: початок вегетації і післязбиральний. Оптимальне живлення у перший період збільшує інтенсивний ріст пагонів і листя, забезпечує нормальне цвітіння, зав'язування і формування плодів, а оптимальне живлення у другий період необхідне для відростання листя і коріння, утворення вусів, квіткових бруньок восени і нагромадження поживних речовин.

Перед оранкою на Поліссі, в північному Лісостепу, Карпатах проводять вапнування, вносять 80 т/га гною в поєднанні з  $P_{120}K_{120}$ , у південному Лісостепу і Степу – 30–40 т/га гною і  $P_{120}K_{90}$ . Навесні роблять підживлення  $N_{30-60}$ .

При весняному садінні суніці азотні добрива вносять у липні–серпні, при осінньому – навесні. На другий рік після збирання врожаю вносять  $N_{45-60}$  під перший обробіток і  $N_{45}P_{60}$  після

Таблиця 93. Оптимальний вміст поживних речовин у листових пластинках ягідних культур, % на суху речовину (П. Д. Попович та ін.)

Культура	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Смородина чорна	2,5–3,0	0,25–0,30	1,0–1,5
Агрус	2,2–2,5	0,20–0,25	1,7–2,0
Малина	2,5–2,9	0,23–0,30	1,2–1,5
Полуниця великоплідна	2,4–3,0	0,25–0,28	1,6–1,8

Таблиця 94. Норми добрив для ягідних культур (П. Д. Попович та ін.)

Зона	Гній раз у два роки, т/га	Смородина, агрус, кг/га			Малина, кг/га		
		N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Полісся, Прикарпаття	30	90	90	90	90	90	90
Карпати, Закарпаття	30	90	60	60	90	60	90
Лісостеп	25	90	45	90	90	45	90
Степ	20	90	90	60	90	60	45

збору врожаю, на третій –  $N_{45}$  навесні і  $N_{45}P_{60}K_{60}$  після збирання врожаю, на четвертий –  $N_{45-60}$  рано навесні.

Смородина, агрус, малина. Для вирощування цих культур кислі ґрунти вапнують. Під передсадивну оранку на Поліссі і в північному Лісостепу вносять 25–30 т/га гною та  $P_{120}K_{120}$ , в південному Лісостепу і Степу – 25–30 т/га гною та  $P_{90}K_{60}$ . Молоді рослини підживлюють азотом ( $N_{60}$ ) рано навесні у перший і другий рік життя. На третій і наступні роки життя вносять добрива з урахуванням вмісту поживних речовин у листках (табл. 93).

Мінеральні добрива під ягідники вносять щороку, органічні – один раз у два роки (табл. 94). У ті роки, коли вносять органічні добрива, норму мінеральних добрив зменшують наполовину. Під малину після збирання врожаю вносять половину норми фосфорно-калійних добрив.

## 12.6. Удобрення виноградників

На фоні високого рівня агротехніки добрива підвищують урожай на 15–20 %, а в зоні достатнього зволоження і зрошення – в 1,5 раза і більше. Ефективність післядії добрив у багатьох випадках вища, ніж пряма дія. Це пов'язано з тим, що у винограду органи плодоношення починають формуватися в перший рік і закінчують у наступному перед розпусканням бруньок.

Для вирощування врожаю певної якості велике значення має оптимальне навантаження винограду вічками, пагонами і гронами у поєднанні з оптимізацією інших факторів. Підвищення навантаження вічками у сприятливі роки приводить до того, що всі залишені вічка розвиваються. Багато пагонів росте незадовільно, виникає самозатінення, що зумовлює зниження фотосинтетичної діяльності листя і затримує визрівання лози до осені.

За великих навантажень рослини винограду швидко вистовують запас продуктивної вологи і можуть відчувати її

нестачу у другий період вегетації. Нестача вологи і недостатнє надходження поживних речовин зумовлюють зниження стійкості рослин проти несприятливих умов і недобір урожаю. Частіше у несприятливі роки частина залишених вічок не розпускається, а пагони і грона, які утворилися, залишаються недорозвинутими і до осені не визрівають.

Недовантаження рослин винограду викликає пробудження сплячих бруньок і жирових пагонів (вовчків), які погано розвиваються і нестійкі проти приморозків. На формування 1 т грон винограду використовується 5–8 кг азоту, 1,5–4 фосфору і 5–10 кг калію, 40 г – міді, 14 – мангану, 7 – бору, 6 – цинку, 0,28 – кобальту, 0,06 г – молібдену. Для винограду оптимальне значення рН=6...7. Високоякісні технічні сорти винограду використовують мікроелементів на одиницю винограду більше, а столові – менше.

Такі ознаки сорту винограду, як величина грона, коефіцієнт плодоносності та плодоношення, якість ягід, вміст елементів живлення в органах, сила росту, величина листків і пагонів, морозостійкість, мінливість часто більше залежать від умов живлення і загального рівня агротехніки, ніж від сорту (С. Г. Бондаренко, 1986).

Коренева система винограду залягає глибоко, тому і потребує внесення добрив у більш глибокі шари ґрунту. Внесення добрив у великих нормах підвищує концентрацію та осмотичний тиск ґрунтового розчину, що може бути токсичним для коренів винограду, які мілко залягають, і сприяти їх відмиранню. Відмирання частини коріння змушує рослину витрачати значну кількість пластичних речовин на побудову нової кореневої системи, а не на підвищення продуктивності. Оптимальні норми добрив підвищують біогенність ґрунту, що знижує вплив монокультури на ґрунт.

Надмірне живлення азотом посилює ріст пагонів і коренів, подовжує період вегетації, затримує дозрівання лози, знижує стійкість проти хвороб і морозів та зимостійкість, погіршує якість ягід винограду. За недостатньої кількості азоту зав'язь обпадає, слабо розвиваються пагони і листя, які можуть також обпадати, затримується розвиток ягід, незадовільно накопичуються цукри, знижується врожай.

Недостатнє фосфатне живлення зумовлює слабкий розвиток листя, коріння, обсіпання ягід, незадовільне закладання суцвіть. Виноград відстає у рості, знижуються плодоношення та якість ягід і кількість виготовленої з них продукції. Оптимальне фосфатне живлення збільшує врожайність, підвищує нагромадження цукрів і поліпшує якість продукції винограду.

Виноград – калієфільна рослина. Високий вміст калію в ґрунті затримує ріст пагонів і листя, підвищує якість ягід. За недо-

статнього калійного живлення формуються невеликі, щільні грона з низькою цукристістю, внаслідок чого грона винограду швидко загнивають і погано зберігаються.

Фосфорно-калійні добрива поліпшують ріст і розвиток рослин винограду, підвищують стійкість проти несприятливих умов, збільшують накопичення цукрів, ароматичних речовин і барвників. Нестача магнію, кальцію, заліза, бору, цинку, міді негативно впливає на ріст і розвиток рослин, їх продуктивність, знижує якість ягід і продуктів їх переробки.

**Внесення добрив.** Технологія застосування добрив на виноградниках передбачає внесення добрив під плантажну оранку при садінні, удобрення молодих і плодоносних виноградників. Перед плантажною оранкою кислі ґрунти вапнують, а солонцюваті – гіпсують. Якщо рослини винограду на зиму не вкривають, то фосфорно-калійні добрива вносять восени і навесні, якщо вкривають, то добрива вносять перед накриттям або після розкриття рано навесні. При внесенні фосфорно-калійних добрив про запас на кілька років норми добрив збільшують кратно кількості річних норм. Азотні добрива вносять щороку. Періодичність внесення органічних добрив значною мірою залежить від кількості гумусу в ґрунті. Виноград добре реагує на внесення сидератів. На ґрунтах з низькою забезпеченістю рослин елементами живлення (табл. 95) під плантажну оранку вносять 80 т/га гною,  $P_{400-600}K_{600-800}$ ; з середнім забезпеченням – 60 т/га гною,  $P_{400}K_{400}$ ; з підвищеним забезпеченням – 40 т/га гною,  $P_{200}K_{400}$ . Під плантажну оранку вносять також добрива з метою доведення вмісту елементів живлення до оптимального рівня. Якщо добрива під плантажну оранку не вносять, то їх вносять навесні стрічкою на глибину 35–40 см на відстані 30–40 см від майбутнього рядка за 1–2 тижні до садіння.

Під час гідромеханізованого садіння винограду добрива вносять у вигляді розчину (по 80 г азоту, фосфору і калію на 100 л води). При садінні вручну вносять у ямки для садіння 1–2 кг перегною, 10–20 г аміачної селітри, 50 простого суперфосфату, 10–20 г хлориду або сульфату калію. Добрива перемішують з ґрунтом і загортають 5–10-сантиметровим шаром ґрунту.

На змитих ґрунтах, які характеризуються низькою родючістю, норми гною збільшують до 100 т/га. Після внесення добрив підвищуються урожай та якість ягід протягом 6–10 років.

**Удобрення молодих виноградників.** Якщо під плантажну оранку було внесено добрива, то молоді виноградники в перші 2–3 роки не удобрюють, на 3–4-й рік вносять азотні добрива. Неудобрені виноградники щороку удобрюють азотно-фосфорно-калійними добривами (табл. 96).

На зрошуваних ґрунтах легкого гранулометричного складу рекомендують застосовувати дрібне внесення добрив –



**Таблиця 95. Забезпеченість рослин вмістом азоту, рухомих фосфором і обмінним калієм, мг/кг**

Забезпеченість поживними речовинами	Вміст гумусу, %	Вміст гідролізованого азоту		Нітрифіка- ційна здатність грунту	Метод				
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O				
		Корнфілда	Тюріна і Конової	Кравкова	Чирікова	Мачігіна	Чирікова	Мачігіна	
Дуже низька	<2	<100	<30	<5	<50	<15	<40	<200	
Низька	2-4	100-150	30-40	5-8	51-100	15-30	40-80	200-300	
Середня	4,1-6	151-200	40,1-50	8,1-15	101-150	30,1-45	80,1-120	301-400	
Підвищена	6,1-8	>200	50,1-70	15,1-30	151-200	45,1-60	120,1-180	401-500	
Висока	8,1-10	-	70,1-100	30,1-60	201-250	60,1-80	180,1-250	501-600	
Дуже висока	>10	-	>100	>60	>250	>80	>250	>600	

**Таблиця 96. Норми добрив для молодих виноградників, кг/га**

Поживні речовини	Забезпеченість виноградинків			
	дуже низька	низька	середня і підвищена	висока і дуже висока
Азот (N)	60-80	40-60	20-40	0
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	60-80	40-60	20-40	0
Калій (K <sub>2</sub> O)	60-80	40-60	20-40	0

Таблиця 97. Норми добрив для виноградинків Криму залежно від стану рослини, вмісту в ґрунті поживних речовин і забезпеченості його вологою, кг/га поживних речовин (О. Ф. Скворцов та ін.)

Забезпеченість виноградинків		Норма добрив в залежності від ступеня росту		
поживними речовинами	вологою	силь- ний	серед- ній	слаб- кий
		<i>Азотні</i>		
	Забезпечені	60	80	120
	Забезпечені			
	недостатньо	—	40	40
		<i>Фосфорні</i>		
Дуже низька	Забезпечені	120	100	80
Низька	»	100	80	60
Середня і підвищена	»	80	60	40
Висока і дуже висока	»	60	60	40
Дуже низька	Забезпечені	100	80	60
	недостатньо			
Низька	»	80	60	40
Середня і підвищена	»	60	40	40
Висока і дуже висока	»	40	40	40
		<i>Калійні</i>		
Дуже низька	Забезпечені	120	120	90
Низька	»	100	90	60
Середня і підвищена	»	80	60	30
Висока і дуже висока	»	60	30	30
Дуже низька	Забезпечені	100	90	60
	недостатньо			
Низька	»	90	60	60
Середня і підвищена	»	80	30	30
Висока і дуже висока	»	60	30	30

50 % для основного, а надлишок добрив для 2–3 підживлень. Норми добрив і періодичність їх внесення коригують за даними ґрунтової і листкової діагностики. При внесенні добрив стрічкою місце рядка щоразу змінюють.

Удобрення плодоносного виноградника. Визначення видів і норм добрив залежить від стану виноградника, запланованої врожайності і показників якості, погодних умов, забезпеченості вологою і поживними речовинами (табл. 97). На добре забезпечених вологою виноградниках застосовують більш високі норми добрив, на недостатньо забезпечених вологою (виноградники, що не зрошуються, в зоні недостатнього зволоження, на маловологоємних ґрунтах, на крутих схилах) – менші.

Для оцінки стану рослин винограду треба враховувати приріст, урожайність та якість у перший рік. Повноцінними пагонами вважають такі, в яких діаметр понад 6 мм, а довжина 100–150 см. Сильно розвинуті і жирові пагони відносять до групи повноцінних, а один жировий пагін приймають за два повноцінні:

Ступінь росту куща	Кількість повноцінних пагонів, тис/га
Слабкий	менше 30
Середній	від 30 до 60
Сильний	понад 50

Норми добрив коригують, враховуючи сортові особливості винограду і мету вирощування. Для удобрення високо- і середньопродуктивних сортів та ділянок винограду треба застосовувати високі норми добрив (табл. 98).

На ґрунтах з низьким вмістом гумусу вносять 30–40 т/га гною один раз через 2–3 роки, за високого вмісту – через 4–5 років. На буроземно-підзолистих ґрунтах Закарпаття вносять 20–40 т/га гною або компостів один раз через 2 роки і щороку  $N_{60-90}P_{90-120}K_{90-120}$ . На змитих ґрунтах норми гною підвищують. Високоєфективним є внесення гноівки (40–60 т/га) на глибину 30–40 см перед розпусканням бруньок, після цвітіння та в період наливання грон. Для оновлення плантажу вносять органічні добрива.

Позакореневі підживлення рослин розчинами мінеральних добрив ( $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) рекомендується проводити після встановлення відхиленн від оптимальних умов живлення, росту пагонів і листків, а стимулятори росту використовувати за наявності необхідних запасів вологи. Позакореневі підживлення винограду ефективні у разі поверхневого пошкодження кореневої системи і порушення кореневого живлення, антагонізму іонів у ґрунті, значного пошкодження кущів, затримання дозрівання врожаю і пагонів. Найкращими строками позакорневих підживлень винограду є періоди: перед початком і кінцем цвітіння, наливання ягід і дозрівання. Для перших підживлень використовують азотні, фосфорні і калійні добрива і один або кілька мікроелементів залежно від результатів діагностики. Азотні добрива у другий період вегетації винограду не застосовують.

Таблиця 98. Норми добрив для молодих виноградників, кг/т планового врожаю (О.Ф. Скворцов та ін.)

Урожай і його якість	Добрива	Забезпеченість поживними речовинами		
		низька і дуже низька	середня	висока і дуже висока
Урожай високий, якість висока	N	6,25–10	5–8	0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3–5	1,5–2,5	0
	K <sub>2</sub> O	7,5–10,5	5–7	0
Урожай високий, якість середня	N	6,25–10	5–8	0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,5–7,5	3–5	1,5–2,5
	K <sub>2</sub> O	10–14	7,5–10,5	5–7
Урожай високий, якість низька	N	6,25–10	5–8	0
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6–10	4,5–7,5	3–5
	K <sub>2</sub> O	12,5–17,5	10–14	7,5–10,5
Урожай середній, якість висока	N	7,5–12	6,25–10	5–8
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3–5	1,5–2,5	0
	K <sub>2</sub> O	7,5–10,5	5–7	0
Урожай середній, якість середня	N	7,5–12	6,25–10	5–8
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,5–7,5	3–5	1,5–2,5
	K <sub>2</sub> O	10–14	7,5–10,5	5–7
Урожай середній, якість низька	N	7,5–12	6,25–10	5–8
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6–10	4,5–7,5	3–5
	K <sub>2</sub> O	12,5–17,5	10–14	7,5–10,5
Урожай низький, якість висока	N	8,25–14	7,5–12	6,25–10
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3–5	1,5–2,5	0
	K <sub>2</sub> O	7,5–10	5–7	0
Урожай низький, якість середня	N	8,25–14	7,5–12	6,25–10
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,5–7,5	3–5	1,5–2,5
	K <sub>2</sub> O	10–14	7,5–10,5	5–7
Урожай низький, якість низька	N	8,25–14	7,5–12	6,25–10
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	6–10	4,5–7,5	3–5
	K <sub>2</sub> O	12,5–17,5	10–14	7,5–10,5

За оптимальних умов росту і розвитку позакореневі підживлення неефективні. Однак, підбираючи склад підживлень і час їх проведення, можна підвищити цукристість ягід, прискорити дозрівання лози. Економічна ефективність позакорневих підживлень збільшується при поєднанні їх із заходами боротьби проти хвороб і шкідників. Внесення мікроелементів поєднують з внесенням основного удобрення, при корневих і некорневих підживленнях. За низького і середнього вмісту мікроелементів рекомендують вносити, кг/га: бору – 1–3, мангану – 3–10, цинку – 3–8, молібдену – 0,5–1.

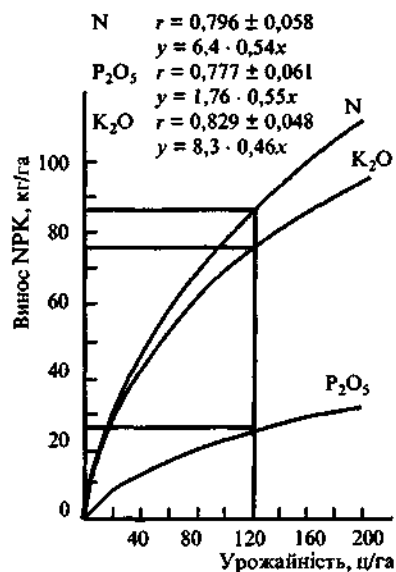


Рис. 4. Визначення величини біологічного вносу N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O (y) за врожаєм грон винограду (x) (при врожайності 120 ц/га і цукристості 17–18 % вноситься 85 кг N, 25 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 74 кг K<sub>2</sub>O)

Для обприскування виноградників використовують 0,05–0,4 %-ві розчини мікроелементів. Як правило, проводять 2–3 обприскування, причому перше обприскування роблять за 4–5 діб до початку цвітіння.

Під час встановлення розрахунковим методом норм добрив на запланований урожай зважають на величину біологічного вносу поживних речовин одиницею

врожаю та забезпеченість елементами живлення.

Інститутом винограду і вина «Магарач» УААН встановлено, що величина біологічного і господарського вносу корелює з величиною біомаси та врожаєм грон. Регресійні залежності дають змогу розрахувати величину вносу за різної врожайності (рис 4). За цукристості соку близько 15 % величина біологічного вносу зменшується на 10–15 %, за цукристості понад 20 % – збільшується на 10 %, а за цукристості понад 25 % – на 20 %. Навпаки, за середньої цукристості (17–18 %) поправки не враховуються. У разі відхилення якості продукції і приросту врожаю від середніх величин на 20 % норми і співвідношення елементів живлення не змінюють. Якщо відхилення врожаю становить понад 20 %, то його відносять до класу високих або низьких.

Підвищені норми добрив вносять під виноград, коли плануються вирощувати сировину для виробництва високоякісних вин, менші – під столові і технічні сорти винограду, який використовують для виробництва ординарних вин.

Для удобрення підщепних лоз восени один раз на 3–4 роки вносять 40–60 т/га гною, а навесні – N<sub>90</sub>P<sub>120</sub>K<sub>60</sub> (раз через 2 роки). Підживлення N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> проводять щороку на початку інтенсивного росту пагонів винограду.

У шкільці для висаджування саджанців органічні добрива вносять локально восени на глибину 25–30 см – 5 кг перегною на 1 м<sup>2</sup> разом з P<sub>120–150</sub>. Під час садіння винограду вносять у

видляді розчину N<sub>10</sub>P<sub>15</sub>K<sub>10</sub>. У період вегетації з поливами поєднують три підживлення: перше – N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, друге – N<sub>40</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub>, третє – P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>.

#### Контрольні запитання і завдання

1. У які періоди формується врожай плодів культур?
2. Проаналізуйте систему застосування добрив у молодих і плодоносних садах.
3. Яка ефективність застосування добрив під час вирощування виноградників?
4. Розкажіть про технології застосування добрив під час вирощування ягідників і виноградників.

## УДОБРЕННЯ ЛУК І ПАСОВИЩ

Прирости сіна і зеленого корму на луках і пасовищах в результаті застосування добрив вищі, ніж польових культур. Щорічне застосування добрив підвищує продуктивність лук і пасовищ у 1,5–3 рази, в умовах зрошення – у 5–7 і більше разів (табл. 99). Залежно від умов вирощування винос азоту досягає 30–120 кг/га. Зі збільшенням числа укосів і застосуванням азотних добрив винос азоту перевищує 150–200 кг/га. За недостатньої водозабезпеченості винос азоту підвищується до 400 кг/га і більше (М. Г. Андреев).

На культурних пасовищах злакові трави за вегетаційний період поглинають до 200–300 кг/га азоту. Вони з урожайністю 50 ц/га сіна виносять, кг: азоту – 60–70, фосфору – 30–35, калію – 70, кальцію – 30–45. Стоколос лучний урожайністю 51 ц/га сухої маси і 7 ц/га насіння виносить з ґрунту 166 кг азоту, 43 фосфору, 177 калію, тимофіївка лучна урожайністю сіна 64 і насіння 6 ц/га виносить 136 кг азоту, 37 фосфору і 176 кг калію (Г. С. Кияк). У 1000 корм. од. корму пасовищ міститься 35 кг азоту, 7 фосфору і 35 кг калію.

Лучні трави добре ростуть і дають високий урожай при  $pH=5,5\dots 8$ . Наприклад, для розвитку конюшини червоної оптимальне значення  $pH=6,5$ , конюшини білої  $pH=5,6\dots 6,5$ , люцерни синьої  $pH=7,5\dots 8$ , злакових трав  $pH=5,5\dots 5,9$ . Цінні кормові трави на кислих ґрунтах витісняються з травостою бур'янами. У першу чергу випадають бобові, потім тимофіївка, вівсяниця лучна та ін. Замість них поширюється польовиця звичайна, щучка, осоки та інші менш цінні трави, що зумовлює зниження врожайності і поживності кормів.

Використання добрив на фоні культуртехнічних заходів (вапнування, гіпсування, регулювання водного режиму, створення культурних лук і пасовищ) – один із засобів підвищення продуктивності лук і пасовищ, поживної цінності кормів, зменшення кількості бур'янів у травостой.

Насамперед вапнують суходольні луки і заново освоювані землі, торф'яно-болотні ґрунти. Норму вапна розраховують за повною гідролітичною кислотністю. З вапнякових матеріалів

Таблиця 99. Вплив калійних, фосфорно-калійних і азотних добрив на врожайність сіна за два укоси

Наукова установа	Луки, тип лучного ґрунту	Без добрив	$K_{10-20}$	$P_{30-40} K_{60-80}$	$N_{30-40} P_{30-40} K_{60-80}$	Приріст від внесення NPK
Інститут землеробства УААН	Низинні луки	39,5	–	51,0	67,5	28,0
Житомирська державна дослідна станція	Полісся	18,3	28,2	31,9	48,2	29,9
Львівський державний аграрний університет	Заливні луки	22,0	68,5	84,2	96,2	74,6
Інститут землеробства і тваринництва західного регіону УАНН	Низинні торф'яники	4,1	–	41,8	50,7	46,6
Прикарпатська дослідна станція	Дерново-карбонатний	31,7	35,4	46,8	55,1	23,4
Сарненська державна дослідна станція	Заливні луки, суглинкові	14,3	64,5	80,6	–	66,7
Чернівецька державна дослідна станція	Низинні торф'яники	17,8	19,0	22,8	36,2	18,4
Закарпатська державна дослідна станція	Дерново-буроземний	30,0	–	48,7	56,7	26,7
Полтавська державна дослідна станція	Гірські буроземи	29,5	–	39,1	53,1	23,6
Національний аграрний університет	Темно-сірий лісовий	17,9	19,5	39,9	46,4	28,5
	Заливні луки					
	р. Десни					

високоєфективне доломітове борошно. Найкраще вносити вапнякові матеріали під час залуження під покривну культуру, тому що поверхневе внесення малоефективне. На природних сінокошах навесні вносять вапнякові матеріали поверхнево після укосів трав, використання отави, а також на пасовищах після спасування трави тваринами.

Часто під час вапнування висівають трави з наступним їх зароблянням у ґрунт бородами або дисковими знаряддями. За докорінного поліпшення пасовищ і сіножатей одночасно з вапнуванням вносять добрива. Поєднання вапнування з внесенням добрив необхідне під час сівби бобово-злакових травосумішей і підсіву бобових.

Так, вапнування для поверхневого поліпшення сіножатей збільшує врожайність сіна на 5–9 ц/га, за докорінного – на 10–17 ц/га. Внаслідок проведення вапнування створюються кращі умови для росту і розвитку бобових трав, поліпшується якість травостою.

У дослідях Львівського державного аграрного університету після внесення  $P_{40}K_{80-100}$  урожайність сіяних трав на низинних торф'яниках становила 70–100 ц/га порівняно з 17–30 ц/га без внесення добрив.

Добрива підвищують продуктивність лук і пасовищ як у перший, так і в наступні роки після їх внесення.

Гіпсування солонцюватих ґрунтів і солонців поєднують з докорінним поліпшенням кормових угідь і внесенням гною, азотних і фосфорних добрив, створенням дренажних систем. Внесення добрив на пасовища сприяє вирощуванню високоякісного травостою.

Використання пасовищ без застосування добрив призводить до зниження їх продуктивності, сильного забур'янення. Застосування на луках азотних добрив посилює ріст і розвиток вегетативної маси рослин, їх вносять на давно осушених торф'яниках, зайнятих злаковими травами, після випадання бобових, для організації дво- і трикутних сінокосів, на високопродуктивних луках і пасовищах. Для підвищення ефективності азотних добрив їх рекомендують вносити рано навесні після стоку надлишкових вод. Так, урожайність сіна на луках і пасовищах без внесення добрив становила 13,5 ц/га, при внесенні  $N_{90}$  після танення снігу – 27,8, при внесенні  $N_{90}$  через 20–30 днів після танення снігу – 57,6 ц/га. Враховуючи швидкість дії азотних добрив, їх вносять дробно ( $N_{60-90}$ ) після укосу трав. За достатньої кількості вологи на пасовищах азотні добрива вносять після чергового спасування трави тваринами, у посушливих умовах – навесні або влітку. З метою запобігання вимерзанню трав у зимовий період отаву азотними добривами не удобрюють, не застосовують також добрива на свіжомеліорованих торф'яних ґрунтах, в яких високий вміст азоту.

Ефективність безводного аміаку, внесенного восени, більша, ніж твердих азотних добрив, а ефективність аміачної селітри рівнозначна такій водного аміаку (табл. 100). Для зменшення втрат азоту сечовини її після внесення заробляють у ґрунт.

Обґрунтоване щорічне внесення до 200 кг/га азоту не призводить до токсичного нагромадження нітратів і забруднення навколишнього середовища. Внесення азотних добрив, підвищуючи продуктивність лук і пасовищ, одночасно сприяє накопиченню в кормах білка, провітаміну А, вітамінів групи В, мінеральних солей, перетравних сполук (табл. 101).

Тривале застосування лише однієї аміачної селітри викликає випадання бобових трав. Фосфорні добрива скорочують

Таблиця 100. Вплив безводного аміаку і аміачної селітри на склад сіна, % на суху речовину (В.Г. Ігольников та ін.)

Варіант досліджу	N	$P_2O_5$	$K_2O$	Ca
Контроль	1,39	0,11	1,32	0,46
$P_{60}K_{60}$	1,41	0,14	1,34	0,46
$P_{60}K_{60}+N_{aa60}$	1,88	0,14	1,35	0,49
$P_{60}K_{60}+N_{ж60}$	1,79	0,13	1,38	0,54
$P_{60}K_{60}+N_{aa90}$	2,06	0,13	1,59	0,56
$P_{60}K_{60}+N_{ж90}$	1,97	0,13	1,55	0,60

Таблиця 101. Вплив азотних добрив на склад підніжного корму, % на суху речовину (В.Г. Ігольников та ін.)

Варіант досліджу	Сирий протеїн	Сира клітковина	Каротин, мг %	$P_2O_5$	$K_2O$	Ca
$P_{60}K_{60}$ –фон	13,06	23,91	30,28	0,32	2,64	0,35
Фон + $N_{aa120}$	15,94	23,84	42,13	0,30	3,02	0,33
Фон + $N_{aa120}$	17,47	22,64	42,00	0,30	3,13	0,36

вегетативний період трав, сприяють інтенсивному розвитку кореневої системи і проникненню її у нижні горизонти, посилюють посухостійкість рослин. Найбільша ефективність фосфорних добрив спостерігається на низинних луках. На багатих вівіанітом торф'яних ґрунтах Полісся фосфорні добрива застосовувати не рекомендується.

На осушених торфовищах значний приріст сіна і зеленої маси кормів отримують від внесення калійних добрив. Калійні добрива збільшують у травостой вміст цінних злакових і бобових трав, зменшують їх забур'яненість. Сумісне застосування калійних добрив разом з азотно-фосфорними сприяє накопиченню вмісту в травах протеїну, жирів, вуглеводів, фосфору і калію, завдяки чому поживність корму значно підвищується.

На високопродуктивних зрошуваних пасовищах калійні добрива вносять навесні і восени. Надмірна кількість калійних добрив може призвести до надлишкового вмісту калію в рослинах (понад 3 %  $K_2O$ ). Оптимальний вміст калію – 2,5 %  $K_2O$  у перерахунку на суху речовину. Гранично допустиме співвідношення K : Ca і Mg в кормах становить 1 : 2,2. Підвищення співвідношення калію до кальцію і магнію в кормах призводить до зниження надоїв у тварин, до їх захворювання на тетанію. Сульфатні калійні добрива зумовлюють накопичення протеїну в кормах. Ефективність сирих калійних добрив практич-

Таблиця 102. Вплив рідкого гною і мінеральних добрив на врожай зеленої маси підбіжного травостою (М. Г. Андреев)

Варіант досліджу	Урожайність	Приріст від добрив	
		ц/га	%
Без зрошення			
Контроль	95,7	—	—
60 т/га рідкого гною	139,5	43,9	45,8
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	134,8	39,1	40,8
В умовах зрошення			
Контроль	191,5	—	—
60 т/га рідкого гною	317,2	125,7	65,6
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	334,2	142,7	74,5

но рівнозначна хлориду калію, важкорозчинних фосфорних добрив – суперфосфату.

На луках, в травостої яких не менш ніж 40 % бобових, для вирощування 40–50 ц/га (Полісся, Лісостеп) і 25–30 ц/га (Степ) сіна треба вносити фосфорні і фосфорно-калійні добрива. Вирощування більш високих урожаїв неможливе без застосування повного мінерального добрива.

Фосфорно-калійні добрива не тільки підвищують урожайність трав, а й змінюють їх хімічний склад (лучні трави і бобові більше накопичують фосфору).

За своєю ефективністю нітрофоска поступається еквівалентній суміші простих мінеральних добрив. Засвоювання поживних речовин з повного мінерального добрива характеризується високою ефективністю і дає змогу в несприятливі роки зменшити негативну дію екстремальних погодних умов.

На луках і пасовищах спостерігається висока ефективність застосування мікроелементів. На осушених торф'яниках, які містять до 4 мг/кг ґрунту рухомих сполук міді, один раз в 4–5 років вносять, крім мінеральних добрив, 4–5 ц/га піритних недогарків або 20–25 кг/га мідного купоросу.

Використання гноївки, гною і компостів збільшує частку бобових трав. Розбавлену (1 : 2...4) гноївку (10–20 т/га) найкраще вносити на пасовищах рано навесні до початку росту трав, на сінокосах – після першого та другого укосів. Максимальна кількість азоту у складі рідкого гною не повинна перевищувати 400 кг/га (табл. 102.). Особливо висока ефективність гною на солонцюватих ґрунтах і солонцях. Торф'яні компости за своєю дією на врожай наближаються до гною.

Встановлена висока ефективність стоків тваринницьких комплексів, особливо на культурних пасовищах. Поєднання зво-

ложуючих та удобрювальних поливів стічними водами тваринницьких комплексів сприяє підвищенню продуктивності луків і пасовищ. Так, у дослідях Херсонського державного сільськогосподарського інституту зрошення стоками тваринницьких комплексів збільшило урожай сіна люцерни до 194 ц/га проти 55 ц/га без зрошення.

Норми добрив встановлюють з урахуванням забезпеченості рослин поживними речовинами, ботанічного складу, стану травостою, використання та продуктивності луків і пасовищ.

### 13.1. Удобрення природних сінокосів і лук

На природних суходільних сінокосах вносять повне мінеральне добриво (табл. 103). Норму азоту в районах достатнього зволоження вносять навесні або навесні і під другий укіс. Строки внесення фосфорно-калійних добрив на природних сінокосах і луках практично значення не мають.

На сіяних природних суходільних сінокосах органічні добрива вносять перед залуженням одночасно з фосфорними або фосфорно-калійними добривами. Суходільні луки сильно реагують на внесення азотних добрив, менше – фосфорних і майже не реагують на внесення калійних. На низинних луках високоефективні калійні і менш ефективні фосфорні та азотні добрива; на суходільних і малопродуктивних луках, які заливаються водою на короткий період, та на сіяних сінокосах вносять N<sub>30-90</sub>; на дерново-підзолистих ґрунтах високоєфективне внесення повного мінерального добрива N<sub>100-180</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>.

Залежно від забезпеченості рослин елементами живлення і бобово-злакового травостою з метою підвищення продуктивності лук і пасовищ вносять азотні добрива разом з фосфорно-калійними. Ефективність добрив на низинних сінокосах більш стала, ніж на суходільних. Роль фосфорних добрив у цих умовах підвищується. За недостатнього розвитку злакових і малої кількості бобових вносять азотні добрива разом з фосфорно-калійними. У районах з достатньою кількістю опадів для двох-укісного використання сінокосів вносять N<sub>40-50</sub> під перший укіс і N<sub>30-40</sub> під другий.

Застосування добрив на природних сінокосах прируслової частини заплави невеликих річок, малозаливних і заливних сінокосах по долинах малих річок аналогічне їх використанню на суходільних сінокосах з нормальними умовами зволоження.

На природних сінокосах центральної частини заплави річок треба застосовувати дрібне внесення азотних добрив. На суходільних й осушених луках заплави трави краще реагують на внесення азотних добрив, ніж фосфорно-калійних, а на осушених торф'яниках – на внесення фосфорно-калійних. Урожай-

Таблиця 103. Норми мінеральних добрив, рекомендовані науковими установами для внесення на луках і пасовищах під час їх догляду

Тип лук і пасовищ	Тип травостою	Мінеральні добрива, кг/га					
		Злаковий травостій			Бобово-злаковий травостій		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Полісся, північний і західний Лісостеп, гірські і передгірські луки Карпат</i>							
Низинні і заплавні	Природні травостої на мінеральних ґрунтах	60-70	30-40	60-70	-	30-40	60-70
	Сіяні травостої на ґрунтах мінеральних торф'яних	60-90 60	30-40 30	60-80 60-90	- -	30-40 30	60-80 60-90
	Культурні пасовища і багатукукісні сінокоси на ґрунтах мінеральних торф'яних	120-180 60-90	40-50 30-60	80-100 60-120	60 -	40-50 30-60	80-100 90-120
	Сіяні травостої	60-90	30-40	40-60	-	30-40	40-60
	Культурні пасовища	200-240	60-90	90-120	120	60-90	90-120
Зрошувані луки	Багатукукісні сінокоси	150-200	60-90	90-120	120	60-90	90-120
<i>Лівобережний і центральний Лісостеп</i>							
У заплавах і дніщах балок	Природні травостої	60-90	30-45	40-60	30-45	45-60	40-60
	Сіяні травостої на ґрунтах засолених	60-90	45	-	-	45	-
	незасолених	60-90	45	40	-	45	40

Суходільні на схилах балок	Травостої природні сіяні	45	30	30	30	30-45	30-45
		60-90	40	30	-	45-60	40-60
		200-240	60-90	60-90	120	60-90	60-90
		180-200	60-90	60-90	120	60-90	60-90
Зрошувані луки	Культурні пасовища Багатукукісні сінокоси	Степ					
		30-45	30	-	30	30	-
		45-60	30	-	-	30	-
		60-90	45	-	45	45	-
Луки у заплавах і на дні балок	Травостої природні сіяні	60-90	60	-	-	60	-
		90-120	30-45	-	-	45	-
		40-60	60-90	-	-	45	-
		250-300	60-90	30-60	120-150	60-80	30-60
Вологі і свіжі в заплавах річок	Травостої природні сіяні	Гірські райони Карпат					
		30-45	30-45	-	-	-	-
		45-60	30-45	-	-	-	-
		60-90	30-60	-	-	45-60	-
Схили балок Зрошувані луки	Культурні пасовища і багатукукісні сінокоси	90-150	45-60	0-30	-	45-60	30
Гірські луки	Природні сінокоси Пасовища Сіяні сінокоси Пасовища	30-50	30-45	-	-	-	-
		60-120	30-45	-	-	-	-
		60-90	30-60	-	-	45-60	-
		90-150	45-60	0-30	-	45-60	30

ність при застосуванні добрив найбільше підвищується у Лісостепу і Поліссі, менше – у Степу. Сіяні сінокоси на торф'яних ґрунтах достатньо забезпечені вологою і азотом. Після вапнування кислих торф'яників застосовують фосфорні, калійні і мідьвмісні добрива.

Дослідженнями Львівського державного аграрного університету встановлено високу ефективність застосування кайніту поряд з калійною сіллю і калімагnezією на торф'яних, дерново-підзолистих і лучних ґрунтах (табл. 104).

У дослідках Львівської академії ветеринарної медицини після внесення бору і міді на торф'яно-болотних карбонатних ґрунтах відповідно приріст кормових одиниць збільшився на 3 і 4,4 ц/га.

Без систематичного застосування добрив сіяні травостої швидко заростають щучкою і перетворюються на луки, які необхідно переорювати і перезалужувати.

На Поліссі для докорінного поліпшення суходільних лук і пасовищ восени під оранку вносять фосфорно-калійні добрива, а навесні під передпосівну культивування – азотні. Під час створення сіяних пасовищ на осушених торф'яниках їх спочатку вапнують, а потім вносять фосфорні, калійні і мідьвмісні добрива.

Для закладання пасовищ на зрошуваних землях під оранку вносять навесні  $N_{60}P_{60-90}K_{90-120}$ . Після кожного спасування трави її підживлюють азотом. Одноразова доза азоту на лівобережній частині Лісостепу і Степу не повинна перевищувати 60–90 кг/га, на Поліссі, в північному і західному Лісостепу, гірських і передгірних районах Карпат –  $N_{60}$ .

Докорінне поліпшення пасовищ на еродованих ґрунтах лівобережної частини Лісостепу і Степу треба поєднувати з сівбою еспарцету піщаного або бобово-злакових травосумішей з щорічним ранньовесняним підживленням повним мінеральним добривом.

На схилах балок Лісостепу та Степу слід застосовувати прискорене залуження природних пасовищ і сінокосів. Так, прискорене залуження схилів балок крутістю до  $14^\circ$  в урочищі Дабичева балка (Одеська обл.) підвищило врожайність сіна травосумішей (люцерна синьогібридна, еспарцет гібридний, стоколос безостий) при сівбі трав після поливцевої зяблевої оранки на 18 см до 32,5 ц/га і при сівбі без обертання пласта на 25 см до 32,3 ц/га порівняно з 6,3 ц/га на звичайному (неполіпшеному) схилі (М. Ф. Щербаков).

Застосування добрив для прискореного залуження дає змогу підвищити продуктивність сінокосів і пасовищ на схилах балок з середньо- і сильнозмитими ґрунтами. За даними Полтавської державної дослідної станції, після внесення 20–30 т/га гною під оранку приріст сіна становив 6–13 ц/га, а при внесенні  $P_{40-60}K_{60}$  – 4–6 ц/га. За даними Жеребківської дослідної стан-

Таблиця 104. Вплив добрив на врожайність сіяних трав на осушеному низинному торф'янику

Варіант досліду	Урожайність сіна, ц/га	Приріст урожаю, ц/га
Контроль	37,9	–
$K_{80}$ – кайніт	62,9	25,0
$K_{80}$ – калімагnezія	59,9	22,0
$K_{80}$ – калійна сіль	60,8	22,9
$P_{40}K_{80}$ – кайніт	71,8	33,9
$P_{40}K_{80}$ – калімагnezія	74,0	36,1
$P_{40}K_{80}$ – калійна сіль	73,7	35,8
$N_{30}P_{40}K_{80}$ – кайніт	80,7	42,8
$N_{30}P_{40}K_{80}$ – калімагnezія	81,2	40,3
$N_{30}P_{40}K_{80}$ – калійна сіль	77,1	39,2

ції, в північно-західному Степу після внесення 20 т/га гною і мінеральних добрив на чорноземах середньозмитих (крутість  $13-14^\circ$ ) врожайність стоколосу безостого становила, ц/га:  $N_{60}$  – 53,1;  $N_{120}$  – 55,8;  $N_{60}P_{60}$  – 59,4; гною разом з  $N_{60}P_{60}$  – 63; без добрив – 47,5.

Для підтримання високої продуктивності кормових угідь на схилах, днищах балок і заплавах річок вносять  $N_{30}P_{45-60}K_{30-60}$  після посівів бобово-злакових культур,  $N_{60-180}P_{45-60}K_{30-60}$  після посівів злакових у Лісостепу,  $P_{45}$  після бобово-злакових і  $N_{30-60}P_{45-60}$  після злакових у Степу. На зрошуваних пасовищах і сінокосах вносять  $P_{45-60}$  в Лісостепу і  $P_{60-30}$  в Степу. Після чергового спасування або укусу травостою проводять підживлення  $N_{30-60}$  при загальній річній нормі внесення  $N_{180-360}$ .

Кормові трави є основним джерелом мінеральних поживних речовин. Їх вміст у травах залежить від родючості ґрунту і значною мірою (в 2–3 рази і більше) змінюється залежно від застосування добрив. Корми, вирощені на малородючих ґрунтах, характеризуються малим вмістом зольних елементів і застосування на таких ґрунтах високих доз азотних добрив призводить до розширення співвідношення між мінеральними і азотовмісними речовинами, що знижує їх поживну цінність.

Келерія лучна накопичує нітратів значно більше, ніж бобові. Значну кількість нітратів можуть накопичити грятися збір-на, костриця лучна, суданська трава, найменше – люцерна і конюшина (Б. П. Плешков, 1980). Вміст нітратів у кормах можна зменшити, посилюючи включення азоту нітратів у синтез білкових сполук за правильного застосування разом з азотними фосфорними і калійними добрив.

В умовах зрошення в травах знижується вміст сирого протеїну, збільшується кількість вуглеводів і клітковини. Вне-



сення підвищених доз азоту значно підвищує вміст сірого протеїну за одночасного зниження кількості засвоюваних вуглеводів і клітковини.

### 13.2. Удобрення гірських сінокосів і пасовищ

Для поліпшення гірських сінокосів і пасовищ вносять 20 т/га гною або компостів один раз через 3–5 років після боронування на схилах рано навесні, а на рівнинах і ділянках з невеликою крутістю – восени. Один раз на 1–2 роки вносять  $N_{40-60}P_{40-60}$  і вапнякові матеріали. З фосфорних добрив найефективніші фосфоритне борошно і суперфосфат, а з калійних – калійна сіль і каїніт. Вапнякові матеріали і фосфорні добрива вносять окремо. Калійні добрива високоефективні на луках, що сформувалися на Карпатських піщаниках. На глинистих Карпатських сланцях норми калійних добрив слід зменшувати.

На сінокосах і пасовищах досить ефективним є внесення гноївки. Вносять її після боронування рано навесні або після збирання сіна в кількості 15–30 т/га (розбавлена водою у співвідношенні 2 : 3) одночасно з фосфорними добривами.

У дослідках Закарпатського інституту агропромислового виробництва внесення 15 т/га гноївки разом з суперфосфатом зумовило приріст 15 ц/га сіна порівняно з 34 ц/га без підживлення. Якщо в травостой переважають бобові трави, вносять фосфорно-калійні добрива, а якщо переважають злакові – повне мінеральне добриво.

Бобові трави на кислих ґрунтах у гірських районах позитивно реагують на внесення молібдену. Культурні пасовища на карбонатних і вапнякованих ґрунтах добре реагують на внесення 1–2 кг/га бору.

### 13.3. Удобрення насінників трав

На мінеральних ґрунтах під насінники злакових багаторічних трав вносять 20–30 т/га гною або компостів. У перший рік вносять  $N_{40-50}$  і  $N_{50-60}$  в наступні роки. При цьому половину норми азоту вносять рано навесні, а другу – влітку після збирання насіння. Під насінники бобових багаторічних трав на осушених торф'яних ґрунтах під час сівби або для підживлення вносять  $P_{30-50}K_{100-120}$ . Один раз у 3–4 роки вносять 20–25 кг/га сульфату міді, 1,5–2 кг/га бору та 150–200 г/га молібдену.

### 13.4. Ботанічний склад і якість трав

Ботанічний склад травостою значною мірою змінюється залежно від застосування добрив. Азотні добрива посилюють ріст злакових трав, поліпшуючи ботанічний склад травостою: змен-

Таблиця 105. Вплив мінеральних добрив на ботанічний склад травостою (М. Г. Андрєєв)

Варіант досліджу	Вміст, % загальної маси			
	бобових	злакових	різнотрав'я	осоки
Без добрив	8,1	45,2	35,3	11,4
PK	24,9	45,7	23,1	6,4
NPK	11,3	64,5	16,9	7,3

шується кількість різнотрав'я, особливо осокових, збільшується кількість злакових. Після внесення фосфорно-калійних добрив збільшується частка бобових (табл. 105), а після внесення гною менш цінні злакові трави витісняються більш цінними, що призводить до підвищення поживної цінності та поїдання кормів тваринами. Дія гною на збільшення кількості бобових трав менш ефективна порівняно з дією мінеральних добрив.

Посилене азотне живлення за недостатнього фосфорного і калійного сприяє інтенсивному розвитку келерії лучної, мітлиці звичайної, костриці червоної. Повне добриво посилює розростання тимофіївки, вівсяниці лучної та інших цінних злаків.

У травах луків і пасовищ спостерігається обернена залежність між вмістом у них вуглеводів і протеїну. Так, посилене азотне живлення спричинює зменшення співвідношення розчинних вуглеводів до засвоюваного протеїну в несприятливий бік. Нестача азоту зменшує вміст протеїну і каротину. Внесення на пасовищах високих доз азоту знижує в кормах вміст клітковини та збільшує вміст жиру в лучних травах, що підвищує якість корму.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Які біологічні особливості бобових і злакових культур враховують під час складання системи застосування добрив?
2. Технології застосування добрив на луках і пасовищах.
3. Роль азотних добрив для вирощування високоякісних кормів.
4. Особливості удобрення сіяних бобових трав.

# **ПЛАН УДОБРЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНАХ**

Система удобрення сільськогосподарських культур розробляється на ротацію сівозміни з урахуванням переважаючих у ній типів ґрунтів, їх середньозважених показників родючості, перспектив розвитку сільськогосподарського виробництва і використання добрив.

Для підвищення агрохімічної й економічної ефективності системи удобрення, розробленої на ротацію сівозміни, щороку складають план удобрення культур на майбутній рік. Потреба складання щорічного плану зумовлюється такими обставинами: 1) неоднаковою родючістю ґрунтів різних полів сівозміни. Окремі поля можуть мати різні рівні вмісту поживних речовин, реакцію середовища, гранулометричний склад тощо; 2) фактичним рівнем нагромадження органічних добрив і заготівлею мінеральних добрив у господарстві: їх використання з року в рік істотно змінюється і значно відрізняється від передбачених у системі удобрення; 3) порушенням рекомендованої структури посіву.

Річний план удобрення культур на майбутній рік складають навесні поточного року після закінчення сівби ярих культур і складання проекту розміщення культур у полях сівозміни наступного року. Основною умовою для складання плану удобрення є інформація про фактичне розміщення культур у полях сівозміни. При цьому враховують: заплановану врожайність, ресурси мінеральних добрив, які може заготовити господарство на другий рік, та їх асортимент; ресурси місцевих добрив; особливості стану кожного поля та рівень ефективної родючості його ґрунтів; попередник і його удобрення; досягнення науки і передовий досвід на рік складання плану.

На кафедрі агрохімії та якості сільськогосподарської продукції НАУ прийнято складати річний план удобрення культур на кожну сівозміну і сільськогосподарське вгіддя у вигляді таблиці (табл. 106), в яку заносять відповідну інформацію.

На основі розробленої раніше на ротацію сівозміни системи удобрення, місця внесення гною і хімічних меліорантів у попередні роки намічають з урахуванням ефективної родючості

Таблиця 106. План удобрення культур у сівозміні на \_\_\_\_\_ рік (на 1 га)

Номер поля/площа, га	1/х	2/у	3/з	...	п/с
Культура в майбутньому році					
рН					
Рівень забезпеченості культур поживними речовинами ґрунту і поправки до норм					
N					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					
K <sub>2</sub> O					
Запланована врожайність, ц/га					
Основне удобрення					
вапно, гіпс, т					
органічні добрива, т					
мікродобрива, кг					
Дози мінеральних добрив з урахуванням фондів і поправок на забезпеченість, кг					
N					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					
K <sub>2</sub> O					
Припосівне удобрення					
місцеві добрива, т					
мікродобрива, кг					
N, кг					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг					
K <sub>2</sub> O, кг					
Підживлення					
місцеві добрива, т					
мікродобрива, кг					
N, кг					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг					
K <sub>2</sub> O, кг					
Всього необхідно внести					
вапно, гіпс, т					
органічні добрива, т					
мікродобрива, кг					
N, кг					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг					
K <sub>2</sub> O, кг					
Всього NPK, кг					

ґрунту конкретні поля та встановлюють норми внесення цих добрив на наступний рік.

Середні рекомендовані дози мінеральних добрив для основного внесення, передбачені системою удобрення, коригують, використовуючи поправкові коефіцієнти на рівні вмісту поживних речовин у ґрунті, на попередник і післядію внесених під нього органічних і мінеральних добрив.

Поправковий коефіцієнт на рівень вмісту поживних речовин у ґрунті визначають за формулою

$$K = 2 - \frac{C_{\phi}}{C_{\text{ср}}},$$

де  $C_{\phi}$ ,  $C_{\text{ср}}$  – відповідно фактичний і середній рівні вмісту рухомих поживних речовин у ґрунті (азоту, фосфору чи калію), мг/кг ґрунту (фактичний рівень вмісту поживних речовин береться із останніх матеріалів обстеження ґрунтів господарства, а середній рівень вмісту – за літературними даними для певної зони (табл. 107).

Наприклад, за вмісту в 1 кг темно-сірого опідзоленого ґрунту 60 мг легкодіючого азоту, 120 рухомого фосфору і 90 мг обмінного калію поправкові коефіцієнти для зернових і кормових культур відповідно становлять:

$$2 - \frac{60}{45} = 0,7; 2 - \frac{120}{100} = 0,8; 2 - \frac{90}{126} = 1,25.$$

За нульового чи від'ємного значення коефіцієнта добрива під основний обробіток ґрунту не вносять. Врахування післядії добрив, внесених під попередник, проводять, виходячи з даних використання культурами поживних речовин із добрив на другий рік після їх внесення (табл. 108). Якщо під попередник внесено 40 кг/га і менше поживних речовин мінеральних добрив, то їх післядії не враховують. Проте не всі попередники без урахування їх удобрення є однаковими: одні з них добрі і дуже добрі, другі – середні, треті – погані і дуже погані. Залежно від якості попередника вводять поправкові коефіцієнти до рекомендованих норм добрив на сприятливість попередника (табл. 109).

Таблиця 107. Середній рівень вмісту рухомих поживних речовин у ґрунті

Культура	Середній рівень вмісту поживних речовин, мг/кг								
	азоту, визначеного за методом		фосфору, визначеного за методом			калію, визначеного за методом			
	Тюріна і Конової	Корнфілда	Кірсакова	Чирікова	Мачигіна	Кірсакова	Чирікова	Мачигіна	Маслової
Зернові або кормові	45	175	75	75	23	100	100	150	125
Технічні або овочеві	50	200	100	100	30	120	120	200	150

Таблиця 108. Коефіцієнти використання культурами поживних речовин з добрив, % (О. М. Артюшин, Л. М. Державін)

Рік дії добрив	Коефіцієнт використання поживних речовин добрив					
	органічних			мінеральних		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Перший	20–25	25–30	50–60	50–60	15–20	50–60
Другий	20	10–15	10–15	5	10–15	20
Третій	10	5	–	5	5	–
У цілому за ротацію сівозміни	50–55	40–50	60–75	60–70	30–40	70–80

Таблиця 109. Поправкові коефіцієнти до рекомендованих норм мінеральних добрив на сприятливість попередника

Культури, попередник, передпопередник	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Цукрові буряки після:			
озимих після багаторічних трав	0,8	1,0	1,0
озимих після гороху			
і однорічних трав	1,0	1,0	1,0
озимих після кукурудзи на силос	1,1	1,1	1,1
Озима пшениця після:			
багаторічних трав	0,5	0,9	0,9
однорічних трав	0,5	0,7	0,7
гороху	0,7	0,9	0,9
кукурудзи на силос	1,1	1,0	1,0
Кукурудза на зерно після:			
цукрових буряків	0,8	0,8	0,8
стерньових	1,1	1,0	1,0
кукурудзи на зерно	1,0	0,9	1,0
кукурудзи на силос	1,0	0,9	1,0
Кукурудза на силос після:			
цукрових буряків	0,9	0,8	0,9
кукурудзи на зерно чи силос	0,9	0,9	0,9
стерньових	1,0	1,0	1,0
Картопля після:			
озимих	0,9	1,0	1,1
ярих зернових	1,0	1,1	1,2
овочевих культур	0,8	0,9	1,0
Ярі зернові після:			
цукрових буряків, картоплі	0,7	0,7	0,8
кукурудзи на зерно чи силос	0,9	0,9	0,9
стерньових	1,0	1,0	1,0

При цьому чим вища якість попередника, тим нижче значення поправкового коефіцієнта.

Якщо під культуру наступного року планується внесення органічних добрив, а в системі удобрення цей захід не передбачено, то норму мінеральних добрив зменшують на таку саму кількість поживних речовин, яка буде внесена з органічними добривами.

В умовах значного ліміту мінеральних добрив подальший їх розподіл між культурами проводять так. Одержані після коригування дози основного удобрення під культури на зрошуваних ділянках, під овочеві, рис, льон, картоплю, коноплі, цукрові буряки після узгодження з ресурсами господарства не зменшують. Залишок ресурсів мінеральних добрив розподіляють між іншими культурами. При цьому насамперед задовольняють потребу цих культур у припосівному удобренні, а також передбачають виділення азотних добрив для підживлення озимої пшениці. Решту ресурсів мінеральних добрив розподіляють між культурами відповідно до їх пріоритету (табл. 110), помноживши його значення на рекомендовану норму поживних речовин.

Складання плану удобрення культур закінчується погодженням насиченості площі сівозміни мінеральними добривами порівняно з наявними чи передбачуваними ресурсами. У разі значного розходження роблять повторне коригування і розподіл залишку добрив. У річному плані з урахуванням реакції ґрунтового розчину, гранулометричного складу ґрунту, його вологості і біологічних особливостей культури вказують кращі форми тих мінеральних добрив, які планує придбати господарство

Таблиця 110. Коефіцієнти пріоритетів культур стосовно поживних речовин добрив (М. В. Лісовий)

Культури та відділ	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Овочеві, рис, картопля	1,0	1,0–0,8	1,0
Цукрові буряки, льон-довгунець, картопля	1,0	0,8–0,9	1,0
Кукурудза на зерно, ефіро-олійні	1,0	0,5–0,6	1,0
Озимі пшениця і жито	0,9	0,2–0,4	0,3
Ярі зернові, зернобобові	0,8	0,4–0,5	0,5
Соняшник	0,8	0,4–0,5	0,7
Кормові силосні культури	1,0	0,2–0,1	0,5
Кормові коренеплоди	0,9	0,6–0,7	0,8
Сінокоси і пасовища	0,3	0,45–0,1	0,5
Багаторічні трави	0,8	0,01–0,3	0,4
Однорічні трави	0,9	0,1–0,2	0,7
Сади і ягідники	0,9	0,1–0,2	0,7

під урожай наступного року. Якщо таких даних немає, то використовують дані про форми добрив, які були використані в господарстві під урожай поточного року. Рекомендована форма мінерального добрива вказується скорочено після дози поживної речовини. Щоб визначити потребу культур у добривах та їх форми, дозу поживної речовини перераховують на відповідну форму мінерального добрива.

**П р и к л а д.** Якщо рекомендується внести азоту 60 кг/га у формі аміачної селітри, то це записують так: 60N<sub>aa</sub>/1,76.

У колонках плану «Всього необхідно внести» наводиться загальна кількість кожного виду добрив, що вноситься під культуру за її вегетаційний період, тобто ставиться норма добрива, а в останній колонці – сума норм NPK.

Після складання плану удобрення культур на 1 га визначають потребу в добривах для сівозмін і угідь господарства в цілому. Потім розробляють технологічну карту приготування, транспортування і внесення добрив під культури на конкретних полях (табл. 111).

Крім розглянутого методу розроблення плану удобрення культур існують також інші, які відрізняються від викладено-

Таблиця 111. Технологічна карта приготування, транспортування і внесення добрив у полях сівозміни

Номер поля, культура	Прийом внесення добрив	Вид добрива	Маса добрива, т	Навантаження добрив			Транспортування добрив			Внесення добрив					
				Склад агрегату	Обслуговуючий персонал, чол.	Норма виробітку, т	Кількість нормозмін	Відаль, км	Склад агрегату	Обслуговуючий персонал, чол.	Норма виробітку, т/км	Кількість нормозмін	Склад агрегату	Обслуговуючий персонал, чол.	Норма виробітку, га
Основний	Припосівний	Органічні													
		Мінеральні													
		Органічні													
Підживлення		Мінеральні													
		Органічні													
		Мінеральні													

го, раніше тим, що в них дози основного удобрення коригують за формулою

$$H = \left[ H_1 - \frac{MK_1}{100} - \frac{mCK_2}{100} \right] K_3,$$

де  $H$  – шукана доза основного удобрення, кг/га поживної речовини;  $H_1$  – рекомендована доза поживної речовини, кг/га;  $M$  – маса поживної речовини, внесеної під попередник, кг/га;  $m$  – маса органічного добрива, внесеного під попередник, т/га;  $C$  – вміст поживної речовини в 1 т органічного добрива, кг;  $K_1, K_2, K_3$  – коефіцієнти використання поживної речовини відповідно з мінерального і органічного добрива у перший рік післядії та поправковий коефіцієнт на рівень вмісту рухомої поживної речовини в ґрунті.

Масу добрива на все поле визначають множенням норми добрива на площу поля:

$$P_n = SH,$$

де  $P_n$  – маса поживної речовини добрива на все поле, кг;  $S$  – площа поля, га;  $H$  – норма поживної речовини добрива, кг/га (мінерального) чи т/га (органічного).

Потребу культури  $P_k$  в добривах по господарству визначають підсумовуванням потреб цієї культури на кожному полі, на яких планують її вирощування:

$$P_k = P_1 + P_2 + \dots + P_n.$$

Потребу господарства в добривах визначають як суму потреб окремих культур:

$$P_{\text{господарства}} = P_{\text{озимої пшениці}} + P_{\text{кукурудзи}} + P_{\text{і-культури}}.$$

Розподіл річних фондів мінеральних добрив або річних ресурсів господарства починають з порівняння потреби господарства з виділеними фондами чи наявними ресурсами. Як правило, в господарстві потреба культур в азотних добривах задовольняється повністю, природних сінокосів і пасовищ – частково.

Здебільшого запаси калійних і особливо фосфорних добрив у господарстві набагато менші, ніж потреба в них. Тому розподіл цих добрив для культур проводять за такою схемою.

1. Повністю задовольняють потребу культур, які вирощують на зрошуваних і осушених землях, а також насінні та спеціальні посіви – дослідні поля, теплиці та ін.

2. Задовольняють потребу культур у припосівному удобренні, крім указаних в пункті 1.

3. Залишок ресурсів розподіляють між останніми культурами з урахуванням їх коефіцієнтів пріоритетності за фор-

мулою

$$M = PD,$$

де  $M$  – маса окремого виду мінерального добрива, розрахована для конкретної культури, т поживної речовини;  $P$  – потреба культури в цьому виді мінерального добрива, т поживної речовини;  $D$  – частка виділеного добрива від потреби культури; цей показник визначають за формулою

$$D = K_n[1 + A(1 - K_n)],$$

де  $K_n$  – коефіцієнт пріоритету культури;  $A$  – коефіцієнт для визначення частки добрив.

Коефіцієнт пріоритету культури визначають за народно-господарською важливістю культури. Коефіцієнт для визначення частки добрива  $A$  розраховують за формулою

$$\Phi = \frac{\Phi - ePK_n}{ePK_n - eP(K_n)^2},$$

де  $\Phi$  – залишок фонду добрив, який підлягає розподілу, т поживних речовин;  $ePK_n$  – сума добутків потреб культур у добривах на пріоритет культури.

Таблиця 112. Розподіл річних ресурсів фосфорних добрив під культури (400 т  $P_2O_5$ , за М. В. Лісовим)

Культура і сільськогосподарське вгіддя	Потреба в поживній речовині (П), т $P_2O_5$	Коефіцієнт пріоритету, $K_n$	$PK_n$	$PK_n^2$	Частка добрив, що виділяється від потреби в них культури, $D$	Маса поживної речовини, виділеної для культури (М), т $P_2O_5$
Озима пшениця	400	0,5	200	100	0,38	153,2
Ячмінь	200	0,4	80	32	0,29	57,5
Кукурудза на зерно	200	0,5	100	50	0,38	76,5
на силос	150	0,1	15	1,5	0,06	8,6
Горох	50	0,5	25	12,5	0,38	19,2
Соняшник	80	0,5	40	20,0	0,38	30,5
Кормові коренеплоди	50	0,7	3,5	24,5	0,60	30,1
Трави						
однорічні	30	0,2	6	1,2	0,13	3,8
багаторічні	40	0,3	12	3,6	0,20	8,1
Багаторічні насадження	20	0,3	6	1,8	0,20	4,0
Сінокоси і пасовища	300	0,05	15	0,75	0,03	8,4
Всього	1520	–	534	247,85	–	399,9

Таблиця 113. Розподіл виділених під озиму пшеницю фосфорних добрив на полях господарства

Сівозміна та номер поля	Потреба в $P_2O_5$ , т	Виділено $P_2O_5$ , т	Сівозміна та номер поля	Потреба в $P_2O_5$ , т	Виділено $P_2O_5$ , т
Польова 1			Польова 3		
2	30	11,5	1	60	23,0
6	50	19,2	5	40	15,3
10	30	11,5	9	40	15,3
Польова 2			Грунтозахисна		
3	20	7,7	4	20	7,7
7	50	19,2	7	20	7,7
11	40	15,3	Всього	400	153

Фосфорні добрива у господарстві під культури розподіляють згідно з табл. 112. Виділені для культури добрива розподіляють по полях, на яких її будуть вирощувати. Розрахунок проводять за формулою

$$M_n = \frac{M_k \Pi_n}{\Pi_k},$$

де  $M_n$ ,  $M_k$  – відповідно маси поживних речовин, виділені для поля і культури, т.

Наприклад, потреба в фосфорі для озимої пшениці становить 400 т, а виділяють лише 153,2 т (табл. 113). Озиму пшеницю заплановано вирощувати в 2, 6, 10 полях – першої сівозміни; в 3, 7, 11 полях – другої; 11, 5, 9 полях – третьої; в 4, 7 полях – ґрунтозахисної сівозміни. Розрахунок проводять за даними табл. 113.

Впровадження в господарствах науково обґрунтованого ресурсозабезпеченого плану удобрення культур у сівозмінах підвищує окупність добрив урожаєм на 18–20 %.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Чим відрізняється план удобрення культур від системи удобрення культур?
2. Як використовують поправкові коефіцієнти на рівень вмісту в ґрунті поживних речовин під час складання плану удобрення культур?
3. Як розподіляють ресурси мінеральних добрив у господарстві під час складання плану удобрення культур?

## ВИКОРИСТАННЯ ДОБРИВ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Інтенсифікуючи виробництво сільськогосподарської продукції з метою задоволення зростаючих потреб населення, виробники все більше використовують сировинні й енергетичні ресурси землі. При цьому зростають кількості відходів і забруднення навколишнього середовища. Тому його охорона від забруднення є однією з найактуальніших проблем сучасності. За походженням забруднення поділяють на техногенне, комунально-побутове, сільськогосподарське. У зв'язку з інтенсивною хімізацією землеробства та переведенням сільського господарства на промислову основу сільськогосподарське забруднення стало істотнішим.

Це пов'язано з більшим, ніж раніше, надходженням в екосистеми пестицидів, мінеральних і органічних добрив, особливо безпідстилкового гною, та з більшими втратами агрохімікатів під час їх зберігання і використання.

Забруднення навколишнього середовища відбувається на всіх технологічних ланках виробництва, транспортування і використання агрохімікатів та органічних добрив. Проте згідно з програмою цієї навчальної дисципліни вивчається лише остання ланка вказаного процесу. Тому в цьому розділі підручника буде розглянуто лише ті питання охорони навколишнього середовища, що пов'язані переважно з використанням добрив.

Численні експериментальні дані свідчать про те, що внесення невеликих норм добрив істотно не впливає на екосистеми. Проте систематичне використання добрив у високих нормах може спричинити серйозні порушення в біогеохімічному циклі поживних речовин у природному середовищі. Такі порушення можливі насамперед у районах інтенсивного ведення сільськогосподарського виробництва, тобто в бурякосіючих районах, в овочевих і приміських зонах великих міст, а також у разі неправильного використання добрив. Встановлено, що добрива як могутній екологічний фактор по-різному впливають на навколишнє середовище, що може супроводжуватись деякими змінами складу та властивостей літосфери, гідросфери, атмосфери, флори і фауни. Здебільшого ці зміни є небажаними.

### 15.1. Вплив добрив на літосферу

Важливими частинами літосфери, що визначають життєдіяльність і продуктивність біоценозу, є ґрунт і підстилаюча його материнська порода. Ґрунт – основний засіб виробництва продуктів харчування людини і корму для тварин, а також один з основних природних ресурсів Землі. Тому збереження і примноження його родючості – життєво важливе завдання людства.

Від типу та якості ґрунту залежить якість основних джерел господарсько-життєвого постачання, до яких належать ґрунтові води, а також води прісних річок, озер, водосховищ. За хімічним складом ґрунтових вод можна оцінювати хімічний склад ґрунту. Ґрунт – ідеальне реакційне середовище для хімічних, фізико-хімічних і біологічних процесів, в результаті яких відбувається перетворення, зокрема гідроліз і синтез, різних речовин. У ньому містяться органічні і мінеральні речовини, енергія для фітохімічних процесів, вода для гідролізу, кисень для окиснення. Особливе значення має мікрофлора ґрунту, яка відразу взаємодіє з добривами. Внаслідок багатосторонньої дії на добрива вони перетворюються на сполуки, характерні для ґрунту. В свою чергу, добрива впливають на властивості ґрунту та його склад.

Ґрунт має самоочищувальну здатність (СЗГ), яка виявляється в опорі змін реакції і складу ґрунтового розчину, в розкладанні чи зв'язуванні токсичних речовин на малорухомі нерозчинні нетоксичні сполуки. СЗГ є функцією складу, властивостей і динаміки біоценозу ґрунту та його абіотичної частини, зокрема ґрунтового вбирного комплексу (ГВК). СЗГ тим вища, чим вища родючість ґрунту. Проте, незважаючи на наявність СЗГ, можлива і негативна дія добрив на ґрунт, яка виникає, як правило, за високого рівня насиченості ґрунту мінеральними добривами та безпідстилковим гноєм, а також за поганих умов їх зберігання і непрофесійного використання.

Такий вплив може виявлятися у вигляді порушення оптимального співвідношення елементів живлення, нагромадження нітратного і нітритного азоту, важких металів і радіоактивних речовин; у вигляді антропозоо-епідеміологічного забруднення, у зниженні вмісту гумусу, ущільненні, засоленні, підкисленні, появі інших небажаних змін складу та властивостей ґрунту.

Увесь комплекс негативного впливу добрив на ґрунт умовно можна поділити на дві частини – руйнування родючості та забруднення ґрунту.

**Руйнування родючості ґрунту.** За кваліфікованого використання добрив у науково обґрунтованих для конкретних умов нормах, способах, строках і формах значного руйнування родючості ґрунту не відбувається. Хімікогенна ерозія ґрунту, яка

об'єктивно виникає після внесення добрив, компенсується, як правило, їх позитивним впливом на родючість ґрунту. Проте недоброякісність добрив, малий їх асортимент, недосконалість відповідної техніки і недбалість користувачів можуть спричинити значне руйнування родючості ґрунту.

Тому для запобігання та зменшення хімікогенної ерозії ґрунту треба знати оптимальні умови, природну суть і розмір цього процесу.

З усіх видів мінеральних добрив азотні, крім калієвої, натрієвої і кальцієвої селітри, за дією на ґрунт є найагресивнішими. Уже під час розчинення амонійних і амонійно-нітратних добрив у результаті їх гідролізу в ґрунт виділяється кислота. Надалі за абіотичного і біологічного вбирання амонію, а також за нітрифікації цей процес підсилюється. Встановлено, що для нейтралізації кислотності азотних добрив необхідно на 1 ц фізичної маси добрива вносити від 0,5 до 1,5 ц карбонату кальцію. Отже, 1 кг азотних добрив зумовлює дію на ґрунт, яка рівнозначна дії 0,5–1,5 кг концентрованої сірчаної кислоти. Виділена кислота та меншою мірою залишковий амоній добрив зумовлюють декальцинацію, дегуміфікацію і, як наслідок, деструктуризацію та загальне погіршення агрофізичних властивостей ґрунту.

У результаті досліджень, проведених вітчизняними та зарубіжними вченими, було встановлено, що 1 кг азоту добрив сприяє витісненню і переміщенню в нижні шари ґрунту від 1,5 до 3 кг кальцію або 0,3–0,6 кг магнію.

Азот добрив, активізуючи життєдіяльність мікроорганізмів, сприяє інтенсивній мінералізації гумусу ґрунту.

В. М. Кудеяров (1987) після аналітичного огляду більш як 30 літературних джерел провідних учених дійшов висновку, що 1 кг внесеного азоту добрив зумовлює додаткове виділення в ґрунтовий розчин від 0,05 до 1 кг азоту мінеральних сполук («екстра»-азот ґрунту). Це дало змогу зробити висновок, що 1 кг азоту мінеральних добрив сприяє мінералізації від 1 до 20 кг гумусу.

Особливо руйнівним для родючості ґрунту є внесення аміаку водного технічного та аміаку рідкого синтетичного. У місцях підвищеної концентрації аміаку створюються локальні осередки, рН ґрунтового розчину яких становить близько 9 і більше. В цих осередках гумус розчиняється і «тече», гинуть мікрота мезофауна і флора, відбувається декальцинація, дегуміфікація, деструктуризація, що призводить до погіршення агрофізичних та агробіологічних властивостей ґрунту.

Для максимально можливого зменшення руйнівної дії азотних добрив на ґрунт необхідно:

суворо дотримуватись науково обґрунтованих норм, строків, способів і форм внесення добрив;

максимально наблизити строки внесення добрив до періоду інтенсивного поглинання азоту рослинами;

здійснювати (якомога частіше) контроль за вмістом азоту в ґрунті та рослині, за рН ґрунтового розчину і проводити відповідні коригування до норм та строків внесення азотних добрив і вапна;

вносити аміак водний технічний та аміак рідкий синтетичний лише на високобуферних ґрунтах і в дозах не більш як 120–150 кг/га азоту;

забезпечувати якомога вищу рівномірність внесення азотних добрив;

збільшувати надходження в ґрунт свіжих органічних речовин, бідних на азот, і насамперед кореневих та пожнивних решток.

Калійні добрива також погіршують агрофізичні властивості ґрунту в результаті декальцинації, дегуміфікації, деструктуризації та засолення ґрунту, проте їх дія набагато слабша за дію азотних.

Фосфорні добрива не мають істотного руйнівного впливу на родючість ґрунту. Є окремі відомості про негативний вплив вільної фосфорної кислоти суперфосфатів і деструктуруючої дії поліфосфатів РКД, проте більшість експериментальних даних цього не підтверджують. Як правило, негативну дію фосфорних добрив на родючість ґрунту поєднують зі зв'язуванням аніонами фосфорної кислоти, іонів цинку та міді в недоступний для рослин стан.

Руйнівна сила безпідстилкового гною на ґрунт зумовлюється надходженням великої кількості азоту, води та соди. Тому заходи нейтралізації його негативного впливу на ґрунт пов'язані з контролем за вмістом та внесенням цих сполук.

**Забруднення ґрунту добривами.** Азотні добрива за надмірного, некваліфікованого і недбалого використання можуть призвести до значного забруднення ґрунту нітратами, нітритами, нітрозамінами та незначною мірою важкими металами. Ці токсичні сполуки включаються через флору та питну воду в біотичний колообіг і потрапляють в організми людини і тварин.

Як відомо, найтоксичнішими з азотних сполук є нітрозаміни, утворення яких залежить від кількості нітритів і нітратів у ґрунті. Останні нагромаджуються в результаті нітрифікації амонійного азоту добрив і ґрунту.

Якщо розглядати забруднення ґрунту нітратами лише з позицій хімізації землеробства, то цю проблему зрозуміти, як і вирішити, важко. Однак забруднення нітратами пов'язане насамперед з упровадженням високоінтенсивних сортів зернових культур, тобто зі зменшенням надходження в ґрунт бідних на азот кореневих і пожнивних решток, після гуміфікації яких відбувається вбирання азоту мінеральних сполук ґрунту. Це був

природний бар'єр для нітратного та нітрозамінного забруднення педосфери. Якщо раніше господарська врожайність становила 40–50, то нині – близько 70–80 % загальної біомаси врожаю зернових культур. Так, раніше за врожаєм, наприклад, озимої пшениці 20 ц/га зерна в ґрунт надходило 40–60 ц/га бідних на азот кореневих та пожнивних решток, а зараз за врожаєм зерна 50 ц/га в ґрунт надходить лише 20–30 ц/га свіжої органічної речовини рослин. Тому із впровадженням інтенсивних сортів іммобілізація азоту мінеральних сполук ґрунту зменшилась удвічі. Якщо врахувати ще й внесення високих норм азотних добрив під сучасні високопродуктивні (на зерно) сорти, то основні причини нагромадження нітратів у ґрунті та заходи для його зменшення чи запобігання йому такі:

максимальне збільшення надходження в ґрунт кореневих і пожнивних решток рослин;

критичний підхід до осіннього внесення азотних добрив взагалі і по стерні в тому числі, оскільки воно може змістити співвідношення  $C : N < 25$  і замість гуміфікації відбуватиметься мінералізація з появою додаткової кількості мінеральних сполук азоту в ґрунті («екстра»-азот);

впровадження суворого контролю-регламентації за нормами, строками і способами внесення азотних добрив, максимальне наближення строків внесення до періоду інтенсивного поглинання посівами азоту;

проведення контролю за вмістом азоту мінеральних сполук у метровому шарі ґрунту і коригування норм азотних добрив; оптимізація всіх факторів життєдіяльності рослин у посівах, у тому числі співвідношення NPK та мікроелементів у ґрунті; впровадження пожнивних і поукісних посівів;

використання інгібіторів нітрифікації; виробництво та використання пролонгованих, повільнорозчинних азотних добрив.

Незважаючи на значну актуальність нітратного забруднення ґрунту, не менш гострим і проблематичним є забруднення його важкими металами. За ступенем забруднення важкими металами і токсичними іонами ґрунти поділяються на три класи (табл. 114).

У табл. 115 наведено середньозважений вміст важких металів і токсичних іонів, а також гранично допустимі їх кількості в ґрунтах. Значення цих показників не є абсолютними, вони певною мірою умовні. Як кларкові значення, так і ГДК важких металів об'єктивно повинні мати неоднакові значення в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Крім того, токсичність важких металів зумовлюється не загальним їх вмістом, а вмістом їх рухомих форм, який дуже динамічний і залежить від багатьох факторів, насамперед від реакції середовища, вмісту



Таблиця 114. Класифікація ґрунтів за ступенем забрудненості важкими металами і токсичними іонами

Номер класу	Ступінь забрудненості ґрунтів	Рівень вмісту важкого металу чи іона, кларків <sup>1</sup> в 1 кг ґрунту
1	Слабкозабруднені	2–10
2	Середньозабруднені	11–30
3	Сильнозабруднені	>30

<sup>1</sup> Середньозважений вміст важкого металу чи іона в незабрудненій частині біосфери.

Таблиця 115. Концентрації елементів живлення в ґрунтах, мг/кг (узагальнені дані різних джерел)

Елемент	Параметри вмісту елемента	Кларк елемента	ГДК елемента <sup>1</sup>
Арсен (As)	1–50	6	20; 50
Берилій (Be)	0,1–10	3	10
Бор (B)	2–100	15	25; 100
Ванадій (V)	10–100	30	50; 150
Кадмій (Cd)	0,001–1	0,13	3; 5
Кобальт (Co)	1–50	8	50
Манган (Mn)	200–1000	800	1500
Мідь (Cu)	2–100	20	100
Молибден (Mo)	0,2–10	3	5; 10
Нікель (Ni)	1–100	40	100
Олово (Sn)	1–20	15	50
Ртуть (Hg)	0,01–1	0,08	2,1; 5,0
Свинець (Pb)	0,1–10	16	36; 100
Селен (Se)	0,1–10	5	10
Стибій (Sb)	0,01–1	0,5	5
Стронцій (Sr)	100–800	300	–
Фтор (F)	100–500	200	200; 500
Фтор (F <sup>-</sup> )	0,1–2,5	1	3
Хром (Cr <sup>3+</sup> )	1–100	200	300
Хром (Cr <sup>6+</sup> )	0,005–0,02	0,01	0,05
Цинк (Zn)	10–300	50	300; 500
Манган+ванадій	–	–	1000+100

<sup>1</sup> Два значення ГДК для деяких елементів свідчать про відсутність на час видання підручника єдиного підходу до рівня ГДК.

гумусу, фізичної глини, синергетиків і антагоністів та інших показників.

Забруднення ґрунту, що виникає після внесення фосфорних добрив, характеризується надходженням у нього важких металів та фтору і, на відміну від азотних добрив, мало залежить

від професійності користувачів. Проте це надходження не є одностороннім, більша його частина припадає на частку техногенних опадів, кількість яких в Україні, за даними різних авторів, коливається від 19 до 35 млн т, а вміст важких металів становить 100–800 мг/кг (кадмію – 10–50 мг/кг) техногенних опадів. Виконавши нескладні розрахунки, дістанемо дані, які показують, що в Україні на кожен гектар сільськогосподарських угідь (у тому числі і ріллі) щороку з опадами надходить 30–500 г важких металів (кадмію 9–30 г).

У фосфатних добривах вміст важких металів, крім стронцію і фтору, коливається в межах 15–250 мг/кг, що при нормі внесення 200 кг/га (40 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) зумовлює надходження в ґрунт по 3–50 г/га важких металів (0,6–6 г/га кадмію). Наведені розрахунки свідчать про те, що забруднення ґрунту, спричинене мінеральними добривами, як правило, на порядок нижче за техногенне.

Звичайно, ці розрахунки досить умовні і наведені для того, щоб спростувати поширене уявлення про переважну роль мінеральних добрив у забрудненні педосфери важкими металами та про можливість отримати екологічно чисту продукцію рослинництва без внесення мінеральних добрив.

Викладене вище не стосується таких токсичних елементів, як стронцій і фтор, масова частка яких в добривах коливається в межах відповідно 0,5–2,1 і 0,3–3,8%. Наприклад, у фосфоритному борошні міститься 1,2–1,7% стронцію і 2–3% фтору, в суперфосфаті – відповідно 1,0–1,5 і 1,2–2,7%.

Хоча середній вміст (кларк) кожного з цих елементів у педосфері досить високий (200 мг/кг ґрунту), їх значне надходження в ґрунт може істотно погіршити його властивості та родючість. Так, під дією добрив може зменшитись у бік зменшення співвідношення між Sr і Ca від оптимального 1: (85–100) до небажаного 1: (50–70), за якого стронцій, як більш рухомий елемент, може замішати кальцій у його сполуках і колоїдах, що змінює їх хімічну природу та властивості, погіршуючи родючість ґрунту.

Фтор у ґрунті входить переважно до складу мінералів Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · CaF<sub>2</sub> – фторапатит, CaF<sub>2</sub> – плавиківий шпат, Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> – криоліт, де він слабкорозчинний, нерухомий. У добривах фтор знаходиться в складі солей, значна частина яких розчинна у воді. Тому внесення фосфорних і комплексних добрив, а також фосфогіпсу збільшує насамперед кількість розчинного фтору в ґрунті, який інгібує його біологічну активність, змінюючи напрям біологічних процесів, що негативно впливає на продуктивність культур.

Слід також зазначити, що фосфорні добрива теоретично змінюють радіаційний фон поля. Так, якщо 1 кг ґрунту в середньому

має 30 Бк (розпадів за секунду), то 1 кг фосфорних добрив – від 300 до 800 Бк. При внесенні, наприклад, 500 кг суперфосфату інтенсивність розпадів 1 кг ґрунту зростає з 30 до 30,1 Бк.

## 15.2. Заходи для зменшення токсичності й надходження в ґрунт важких металів

Радикальних агротехнічних заходів для зменшення надходження в ґрунт важких металів і токсичних іонів практично не існує, оскільки надходження їх пов'язане насамперед із загальним станом у країні охорони навколишнього середовища. Проте, контролюючи вміст важких металів у ґрунті, добривах і меліорантах, можна частково запобігти його зростанню в даному місці педосфери відповідними агротехнічними заходами, наприклад, регламентуючи форми, строки, способи й норми внесення добрив та меліорантів.

Для використання (утилізації) в землеробстві відходів промисловості, більшість яких, окрім мікроелементів і нейтралізуючих речовин, містить велику кількість важких металів та інших шкідливих сполук, проводять попередню оцінку. Таке використання промислових відходів поряд з меліоративним впливом на конкретний показник родючості ґрунту завдає йому шкоди, яка в багато разів перевищує їх меліоративну дію.

Токсичність важких металів, яка активно виявляється на легких, бідних на гумус ґрунтах з кислою реакцією середовища, може бути істотно зменшена або усунута в результаті проведення таких агротехнічних заходів.

1. Внесення флоталою ( $\text{H}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ) або глоталою ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{CaSO}_4$ ), які витісняють важкі метали, з наступним їх вимиванням у нижчі шари ґрунту.

2. Вирощування толерантних рослин, які поглинають велику кількість важких металів, з наступним вивезенням біомаси з поля і її знищенням.

3. Глинування легких ґрунтів для зменшення рухомості і включення в біотичний колообіг важких металів, оскільки глинисті мінерали їх інтенсивно поглинають.

4. Застосування органічних речовин – сорбентів важких металів, з якими вони утворюють різної міцності органо-мінеральні комплекси. Тому внесення органічних добрив є одним з ефективних методів боротьби з активністю важких металів і їх вбирання рослинами.

6. Вапнування ґрунтів різко зменшує рухомість і біологічне поглинання важких металів, оскільки гідроксиди важких металів – не розчинні у воді сполуки.

7. Зняття та видалення верхнього забрудненого шару ґрунту або проведення глибокої плантажної оранки.

8. Вирощування технічних культур, насінників і (в крайньому разі) зернових культур.

На відміну від фосфорних калійні добрива набагато менше забруднюють навколишнє середовище, їх внесення сприяє калійно-натрієвому і сульфатно-хлоридному засоленню ґрунту. Особливо багато з калійними добривами надходить у ґрунт хлору і натрію (табл. 116).

Хлор погіршує вбирання рослинами аніонів фосфорної кислоти, а натрій – агрофізичні властивості ґрунту.

Природні хімічні меліоранти практично не забруднюють ґрунт, однак промислові відходи цементних і металургійних заводів його забруднюють. Так, фосфогіпс містить:  $\text{CaO}$  – 40 %;  $\text{SO}_3$  – 55,5;  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 1,5;  $\text{Sr}$  – 1,8–2,0;  $\text{F}$  – 0,3–0,4 %;  $\text{Cd}$  – 20–30 мг/кг. Отже, фосфогіпс є джерелом забруднення ґрунтів важкими металами і фтором. Після внесення фосфогіпсу в дозі 5–20 т/га в ґрунт надходить 100–400 кг стронцію, 17–68 кг фтору і 125–400 г кадмію. У разі використання піритних недогарків ґрунт забруднюється свинцем, арсеном, цинком і залізом, вміст яких відповідно становить 0,3–0,6, 0,1–0,2, 0,4–1,4 і 40–63 %.

Отже, перш ніж використовувати відходи промисловості, треба пересвідчитися в придатності їх для проведення хімічної меліорації та визначити ступінь забруднення ними ґрунту.

Безпідстилковий гній – цінне добриво, проте він здатний і негативно вплинути на навколишнє середовище, в тому числі на ґрунт. У його складі крім поживних речовин містяться 0,08–0,6 % соди, нітрозаміни, збудники інфекційних хвороб (віруси, бактерії, личинки, яйця гельмінтів) людини і тварин. Для ефективного використання безпідстилкового гною й охорони навколишнього середовища його норми не повинні перевищувати оптимальних значень. Під окрему культуру норми встановлюють на основі потреби рослин в азоті, а також вмісту його в даному добриві і ґрунті. Насамперед безпідстилковий гній вносять на поля з низьким вмістом поживних речовин і за умови загортання його в ґрунт.

Таблиця 116. Надходження в ґрунт з калійними добривами хлору і натрію, кг/кг  $\text{K}_2\text{O}$  добрива

Добриво	Надходження в ґрунт	
	хлору	натрію
Калійна сіль	1,4–2,0	0,2–0,5
Хлорид калію	0,9–1,0	0,1
Кайніт	3,0–3,5	1,5–1,7
Сильвініт	4,0–5,0	2,0–2,5
Калімагнезія	0,1	0,4

Збудники інфекційних хвороб рослинного (віруси, бактерії) і тваринного (цисти найпростіших, яйця гельмінтів) походження живуть у ґрунті від 40 діб до 7 місяців, тифопаратифозні бактерії – від кількох діб до 1,5 року, яйця аскарид – 10 років і більше. Загибель збудників залежить від температури, вологості, міжвидових антагоністичних відносин, типу ґрунту та інших умов. Перед використанням безпідстилкового гною і тваринницьких стоків для удобрення їх попередньо знезаражують. При цьому тверду фракцію гною знезаражують термічним способом у буртах чи сушильних установках, рідку – біохімічним способом. Під час біохімічного знешкодження рідкої фракції гною в аеротенках у відстійниках утворюється мул, який подають для підсушування і подальшого знешкодження на мулових площадках. Знешкодження безпідстилкового гною проводять у відстійниках-гноєнагромаджувачах, після чого його безпосередньо використовують для удобрення полів.

### 15.3. Вплив добрив на гідросферу

Значна частина земної поверхні (71 %) вкрита водою. Живі організми (рослини, тварини, людина) майже на 80 % складаються з води.

Речовини за впливом на гідросферу умовно поділяють на отруйні, забруднювальні, супутні. *Отруйні* – це такі речовини, які, потрапивши в гідросферу, зумовлюють гостре чи хронічне отруєння живих організмів (пестициди, важкі метали, радіонукліди). *Забруднювальні* речовини діють на живі організми опосередковано. Як правило, це поживні речовини, які спричинюють інтенсивний ріст і розвиток деяких організмів (водоростей, бактерій), в результаті чого збільшується використання кисню, вода наче цвіте, інколи виділяється сірководень, глибоко діючи на все живе. Таке збагачення водою поживними речовинами називається евтрофією (гіпертрофією) або евтрофікацією. *Супутні* речовини змінюють параметри абіотичних показників водного середовища (температуру, густину, реакцію середовища тощо). Розрізняють чотири основних шляхи надходження в гідросферу забрудників: з каналізаційними і тваринницькими стічними водами; з паводком, в результаті змиву зі схилів твердих і розчинених часточок (твердий стік); з ґрунтовими водами, внаслідок промивання під дією гравітації крізь певну товщу літосфери, з атмосферними опадами.

За черговістю дії на певні частини біосфери забруднення поділяють на первинне, коли забрудники потрапляють від їх виробників безпосередньо у воду (каналізаційні стоки та ін.), та вторинне, коли забрудники надходять спочатку в літосферу чи атмосферу, а через них у гідросферу.

Ґрунтові води забруднюються через ґрунт, тому їх якість залежить від якості ґрунту та його забрудненості.

Рівень забрудненості водою зумовлюється як хімічним складом, ступенем очищеності промислових, комунально-побутових і тваринницьких стічних вод, так і хімічним складом та якістю ґрунтів, атмосфери.

Для охорони санітарно-побутових вод від забруднення, а тварин і людей від захворювань санепідемслужбою розроблено відповідні ГДК (табл. 117).

Поряд із забрудненням санітарно-побутових вод токсикантами значної шкоди навколишньому середовищу завдає цвітіння водою. В евтрофікації водою основна роль, як відомо, належить вуглецю органічних сполук, фосфору та азоту, домінуючими формами якого у воді (крім молекулярного) є нітрати, нітрити, амоній, азот розчинних органічних сполук і твердих часточок. Як правило, в прісних водоймах вміст амоній-

Таблиця 117. Гранично допустимі кількості інгредієнтів водного об'єкта санітарно-побутового водокористування

Назва речовини (інгредієнти)	ГДК, мг/л
Запахи	Не більше 1 бала
Водневий показник (рН)	6,5–8,5
Мінеральний склад	Не більше 1000
Розчинний кисень	Не менше 4,0
БСК <sub>5</sub> (біохімічне споживання кисню)	Не менше 3,0
ХПК (хімічне поглинання кисню)	Не більше 15,0
Твердість загальна	7 мг-екв на 1 л
Речовини санітарно-екологічної лімітуючої ознаки	
Шкідливості (ЛПШ)	
Силіцій (Si)	10,0
Натрій-іони (Na <sup>+</sup> )	200,0
Нітрит-іони (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	45
Нітрат-іони (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0,05
Хром (Cr <sup>6+</sup> )	2,0
Амоній NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (сольова витяжка)	0,05
Речовини загальносанітарного ЛПШ	
Цинк (Zn <sup>2+</sup> )	1,0
Речовини органолептичного ЛПШ	
Мідь (Cu <sup>2+</sup> )	1,0
Нафтопродукти	0,3
Фенол	0,1
Хлорид-іони (Cl <sup>-</sup> )	350
Залізо (перерахунок на загальне залізо)	0,3
Сульфат-іони (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	500

ного і нітратного азоту коливається від 0 до 5 мг/л, нітритного – менш ніж 0,01 мг/л, азот розчинних органічних сполук час-то становить не менше половини загальної кількості розчинного азоту. Оптимальним вмістом  $N-NO_3$  для евтрофікації і цвітіння водойм вважають 0,9–3,5 мг/л.

Максимальна концентрація азоту в поверхневих шарах водойм відмічається в період весняного паводка і пояснюється значною акумуляцією амонію, нітратів та органічних сполук азоту в сніговому покриві, який відповідно становить, кг/га: 0,3–1,5; 0,3–4 і 0,1–1.

Кількість азоту, що потрапляє у водойми з твердими стоками, становить 0,6–2,7 кг/га. Встановлена достовірна кореляційна залежність між середньою кількістю внесеного на 1 га посівної площі азоту добрив і середнім вмістом азоту в поверхневих і ґрунтових водах ( $r = 0,387 \dots 0,671$ ).

В умовах зрошення найбільші втрати азоту з ґрунту і добрив спостерігаються на початку періоду вегетації, коли рослини слабкорозвинуті і вбирають невелику кількість азоту мінеральних сполук.

Проблема зниження втрат мігруючого азоту добрив у ґрунті й поверхневі води нерозривно пов'язана з регулюванням вмісту азоту мінеральних сполук у ґрунті, що було детально розглянуто раніше.

Деякі вчені пов'язують проблему евтрофікації водойм та їх цвітіння насамперед значним надходженням у них органічної речовини, і особливо фосфору у формі поліфосфатів. Вважають, що водойми «цвітуть» при вмісті фосфору у воді понад 0,01 мг/л, а оптимальний ріст водних рослинних організмів, водоростей спостерігається при концентрації фосфору 0,09–1,8 мг/л. При цьому на 1 кг фосфору утворюється близько 100 кг фітопланктону.

Комунально-побутові і тваринницькі стічні води є основними забрудниками природних вод поліфосфатами (стічні води містять натрієву сіль поліфосфорної кислоти детергентів – мийних засобів).

Поліфосфати порушують седиментаційні процеси у воді, утруднюють коагуляцію суспендованих часточок. Загальна кількість фосфору в дренажних водах внаслідок здатності ґрунтів сорбувати цей елемент невелика і становить 0,25–0,36 мг/л.

Для організму людини збагачення природних вод фосфором цілком безпечне. Середньодобова потреба в цьому елементі становить понад 1 г. Для людини навіть доза 6,6 г фосфору на добу є цілком безпечною.

Основним сільськогосподарським джерелом надходження фосфору у воду, яке становить лише 8 % загального антропогенного надходження, є ерозія ґрунтів. Змивання 1 мм шару

ґрунту відповідає втраті 6–15 кг/га фосфору. Забруднення природних вод фосфорними добривами виявляється через водну і вітрову ерозію ґрунту. Тому протиерозійні заходи є основним прийомом для усунення втрат фосфору з наземних екосистем. Важливе значення при цьому мають способи і строки внесення добрив, а також їх форми і норми, вибір яких повинен ґрунтуватися на знанні сорбційних властивостей ґрунтів і розчинності утворюваних продуктів. Частка фосфору добрив у твердому та рідкому стоках становить 6–15 % загального фосфору в них.

Особливе місце в забрудненні природних вод фосфором належить тваринницьким стічним водам, загальний об'єм яких, за твердженням багатьох авторів, у 10 разів більший, ніж комунально-побутових. Навіть за повного використання відходів на полях можливі втрати частини фосфору внаслідок того, що ґрунт не в змозі сорбувати його повністю. Це треба враховувати під час регулювання чисельності худоби і внесення норм безпідстилкового гною на поля. Вміст загального фосфору в поверхневих шарах води, як правило, коливається в межах 0,04–0,4 мг/л, у тому числі близько 1/3 вказаної кількості припадає на фосфор органічних сполук. Серед мінеральних сполук фосфору у воді переважають ортофосфати.

У сніговому покриві акумулюються органічні фосфати (0,03–0,15 мг/л фосфору) та поліфосфати (0,01–0,04 мг/л фосфору). Загальний (рідкий і твердий) річний стік фосфору з поверхневими водами коливається від 0,6 до 1 кг/га.

Із внесенням підвищених норм мінеральних добрив, особливо безпідстилкового гною, річний стік фосфору значно збільшується.

Вимивання фосфору з ґрунту в ґрунтові води залежить від його гранулометричного складу та стійкості розчинних фосфатних комплексів з іонами металів. Установлена залежність між міграцією фосфору по профілю ґрунту та кількістю внесених органічних добрив. Органічним сполукам властива здатність утворювати складні орґано-мінеральні комплекси, які поглинають фосфат-іони.

Кількість загального фосфору в ґрунтових водах залежить не від рівня використання мінеральних добрив, а від форм фосфатних сполук у ґрунті, гранулометричного складу, реакції ґрунтового розчину і ґрунтових вод, вмісту органічної речовини. Очевидно, міграція фосфору по профілю ґрунту, що відбувається за сумісного внесення органічних і мінеральних добрив, зумовлюється синтезом поліфосфатів і, як наслідок, утворенням поліфосфатних комплексів, у формі яких і здійснюється міграція фосфору по профілю ґрунту.

Якщо використання фосфорних добрив і фосфогіпсу мало-контрольоване, виникає ще одна своєрідна проблема, яка по-

в'язана із забрудненням вод санітарно-побутового та господарського користування фтором. Встановлено, що споживання води з вмістом фтору близько 2 мг/л спричинює розчинення емалі зубів, а за вмісту 8 мг/л починають поступово розчинятися кістки.

Надходження калію в природні води може відбуватися внаслідок його вимивання з ґрунту з твердим стоком при ерозійних процесах, а також з атмосферним пилом, особливо поблизу великих промислових міст. Як правило, наявність калію у воді не шкідлива для людей і тварин, проте калій, поряд із фосфором, азотом та іншими біогенними елементами, сприяє евтрофікації водою.

Концентрація калію в поверхневих шарах води значно перевищує концентрацію азоту та фосфору і коливається від 0,5 до 23 мг/л. Вміст калію в поверхневих шарах води багато в чому зумовлюється акумуляцією його в сніговому покриві – 0,6–1,6 мг/л, або 0,3–1,6 кг/га.

У твердих стоках вміст калію становить 0,7–7 кг/га і зумовлюється гранулометричним складом ґрунту, кількістю внесених добрив та ступенем розвитку ерозійних процесів.

Міграція калію по профілю ґрунтів, що мають середній чи важкий гранулометричний склад, значно утруднена у зв'язку з поглинанням його колоїдами ґрунту і перетворенням його в обмінний та необмінний стан. У ґрунтових водах верхніх водонесних горизонтів вміст калію становить 1–1,7 мг/л, інколи 5–6 мг/л. Отже, концентрація калію в поверхневих і ґрунтових водах залежить від типу ґрунту, його гранулометричного складу і внесення калійних добрив. Проте на ґрунтах середнього і важкого гранулометричного складу калійні добрива не збільшують у ґрунтових водах концентрацію калію, що пояснюється адсорбцією калію товщею ґрунту.

Заходи боротьби із сільськогосподарським забрудненням водоймищ, їх евтрофікацією та цвітінням такі.

1. Заборона розорювання прилеглих до берегів річок полів та виведення їх зі складу орних земель.
2. Проведення ефективної боротьби з водною і вітровою ерозією ґрунтів, насамперед залісненням ярів та садінням лісосмуг.
3. Суворе дотримання науково обґрунтованих норм, форм, способів і строків внесення добрив. Зокрема, для запобігання втратам NPK добрив з талими водами забороняється їх внесення до розмерзання ґрунту і стоку надлишку води з орного шару.
4. Для зменшення змиву і міграції NPK по профілю ґрунту слід практикувати ущільнені посіви і вирощування проміжних культур.
5. Не допускати скидання в ставки і ріки сміття та неочищених тваринницьких стічних вод.

6. Заборона внесення безпідстилкового гною на землях, що прилягають до водоймищ, а також їх внесення на інших землях у нормах, способах і строках, не передбачених науковими рекомендаціями.

#### 15.4. Вплив добрив на атмосферу

Пил, дим, газ, пара, туман є шкідливими домішками повітря. Вони забруднюють атмосферу, впливають на енергетичний баланс земної поверхні.

У процесі використання добрив відбувається деяке забруднення газами, пилом і погіршення абіотичних показників атмосфери. Проте забруднення атмосфери, спричинене добривами, незначне і становить близько 5–10 % його загальної суми. Безперечно, що основними забрудниками повітря є промисловість (70–80 %) і транспорт (15–20 %).

Значне забруднення атмосфери пилом і газами агрохімікатів спостерігається переважно у разі порушення технології використання добрив (авіахімічні роботи, хімічна меліорація, внесення водного технічного або рідкого синтетичного аміаку). Тому, використовуючи добрива, слід обов'язково дотримуватися санітарно-гігієнічних норм забруднення робочої зони повітря (ГДК): аміаком – 20 мг/м<sup>3</sup>, нітрофоскою – 5, фосфоритним борошном – 5, хлористим калієм – 10 мг/м<sup>3</sup>.

Проте і за високої відповідальності та професійності працівників сільського господарства відбувається виділення пилу і газу в повітря. Здебільшого це дрібнодисперсні тверді часточки агрохімікатів, газоподібні втрати азотних сполук ґрунту, мінеральних та органічних добрив, і особливо безпідстилкового гною та тваринницьких стічних вод.

У результаті амоніфікації, нітрифікації і денітрифікації в повітря виділяються NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO і NO<sub>2</sub>. Основна маса втрат азоту припадає на N<sub>2</sub> і N<sub>2</sub>O.

Газоподібні втрати азоту добрив становлять 9–50 %, в середньому 24 %, і залежать від дози та форми азотного добрива, наявності рослинного покриву та органічної речовини, способів зароблення добрива в ґрунт, реакції середовища, температури і вологості ґрунту та інших факторів. Можливі також значні втрати аміачного азоту в результаті хімічної взаємодії амонійних солей з карбонатами та іншими лужними сполуками ґрунту.

Встановлено, що всі зміни, які відбуваються з азотом добрив, поширюються також і на азот ґрунту. Отже, ступінь використання доступного азоту ґрунту рослинами, розміри його втрат і поглинання мікроорганізмами будуть виражатися в тих самих відносних величинах, що і внесеного азоту добрив.

За останніми даними, газоподібні втрати азоту з ґрунту колюються в межах 5–60 кг/га (в середньому 15–30 кг/га). Наведені дані газоподібних втрат азоту з добрив і з ґрунту становлять не тільки екологічну, а й економічну проблему. За підрахунками, щорічні газоподібні втрати азоту в Україні становлять не менш як 1 млн т.

Заходи боротьби з газоподібними втратами азоту та забрудненням ними атмосфери зводяться переважно до запобігання процесам нітрифікації та денітрифікації азоту добрив і ґрунту або обмеження їх.

## 15.5. Вплив добрив на флору і фауну

Добрива негативно впливають на флору і фауну внаслідок включення в біотичний колообіг важких металів, радіонуклідів та інших токсикантів. Крім того, добрива можуть спричинювати надлишкове однобічне нагромадження окремих елементів живлення і речовин у рослинах, після споживання яких спостерігаються захворювання людей і тварин.

За ступенем небезпечності для біосфери, яка визначається рівнем летальної дози (ЛД<sub>50</sub>), персистентністю в ґрунті та рослині, значеннями ГДК в ґрунті, міграцією та впливом на поживну цінність сільськогосподарської продукції, всі хімічні речовини згідно з ГОСТ 17.4.1.02–83 поділяють на три класи.

Перший клас – високонебезпечні речовини (арсен, кадмій, ртуть, селен, свинець, цинк, фтор, бенз(а)пірен).

Другий клас – помірно небезпечні речовини (бор, кобальт, нікель, молибден, мідь, стибій, хром).

Третій клас – малонебезпечні речовини (барій, ванадій, вольфрам, манган, стронцій, ацетофенон).

Більшість важких металів, радіонуклідів та інших токсикантів, що через рослини включаються в біотичний колообіг, негативно впливають і на розвиток самих рослин. Вони знижують проникність мембран, спричинюючи навіть їх розривання, інактивують ферменти, зумовлюють денатурацію білків та деструкцію асиміляційного апарату, знижують імунітет рослин проти хвороб і шкідників, заміщують біофільні елементи в структурах рослин (Li→Na; Cs→K; Ba і Sr→Ca; Cd→Zn). Внаслідок цього знижується продуктивність посівів на 10–60 %; через неоднакову толерантність різних рослин відбувається видозміна природного фітоценозу, погіршується гігієнічна якість урожаю.

За токсичним впливом на рослини хімічні сполуки поділяють на три класи.

Перший клас – високофітотоксичні, токсичність яких виявляється за вмісту <1 мг/л ґрунтового розчину (Ag<sup>+</sup>, Be<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Sn<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

Другий клас – помірно фітотоксичні, токсичність яких виявляється за вмісту 1–100 мг/л ґрунтового розчину (AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, BO<sub>3</sub><sup>3-</sup>, SeO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>, Zn<sup>2+</sup>, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>).

Третій клас – слабофітотоксичні, токсичність яких виявляється за концентрації не < 1800 мг/л ґрунтового розчину (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Rb<sup>+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Li<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>).

Ця класифікація певною мірою умовна, тому що фітотоксичність одних і тих самих елементів, іонів чи сполук у різних ґрунтово-кліматичних умовах неоднакова, крім того, для більшості сполук вона зростає після їх надходження в рослину з повітря, оскільки при цьому виключається самоочисна здатність ґрунту, його буферність, внаслідок чого більшість токсикантів трансформуються в малодоступні для рослин форми. Так, органічна речовина ґрунту і добрив зв'язує важкі метали в комплексні сполуки хелатного типу, а фізична глина необмінно вбирає важкі метали. Коренева система рослин має також захисну здатність до вбирання важких металів з ґрунту, причому в різних рослин ця здатність неоднакова. Очевидно, всі ці явища і зумовлюють відсутність прямої залежності вмісту важких металів у ґрунті з їх вмістом у рослині.

Для ефективного контролю за включенням у біотичний колообіг важких металів та інших токсикантів, для визначення чистоти рослинної продукції, для профілактики багатьох захворювань людей і тварин треба знати допустимі (нормальні) концентрації цих речовин у рослинах та їх ГДК. Нині в літературі не існує загальноприйнятих єдиних значень цих показників, є тільки окрема розрізнена інформація, яка в узагальненому вигляді наводиться в табл. 118. Крім поданих у табл. 118 назв концентрацій елементів у рослинах у літературних джерелах є ще такі поняття, як толерантна, токсична і летальна концентрація. Толерантна (терпима) концентрація не пригнічує життєдіяльність рослин, хоча і вища за нормальну, токсична – пригнічує ріст і розвиток рослин, а летальна – призводить до їх загибелі.

За даними табл. 118 та за фактичним вмістом важких металів у рослинах розробляють науково обґрунтовані системи використання добрив та меліорантів і вносять у них відповідні корективи, контролюють надходження важких металів в організми людини і тварин.

За даними ВООЗ, надходження в організм дорослої людини важких металів з продуктами харчування та водою не повинно перевищувати на тиждень 3 мг свинцю, 0,3–0,5 кадмію, 0,3 ртуті та 50 мг на добу нітратного азоту. Є певні вимоги і до кормів. Так, співвідношення в них Ca : Sr має бути не менше 90–100; K : Na не більше 5; K : (Ca + Mg) не більше 2,2–2,4; P : Ca не більше 1–1,5.

Таблиця 118. Нормальні концентрації деяких елементів і сполук у рослинах та їх ГДК

Елементи, іони чи сполуки	Нормальна концентрація, мг/кг сухої речовини	ГДК, мг/кг сухої речовини
Арсен (As)	0,1–1,0	0,1–0,5
Берилій (Be)	0,1	–
Бор (В)	30–75	–
Ванадій (V)	–	–
Кадмій (Cd)	0,05–0,2	0,01–0,03*** 0,5–1,5**
Кобальт (Co)	0,3–0,5	–
Манган (Mn)	400–3000	–
Мідь (Cu)	2,0–12	100
Молібден (Mo)	1,5–4,0	30
Нікель (Ni)	0,4–3,0	0,5
Олово (Sn)	0,8–6,0	–
Ртуть (Hg)	0,005–0,01	0,05–0,5***
Свинць (Pb)	0,1–5,0	0,2*; 10**
Селен (Se)	0,2–2,0	0,1–0,5
Стибій (Sb)	0,06	0,1–0,5
Стронцій (Sr)	600	–
Фтор (F)	2,0–20	–
Хром (Cr)	0,2–1,0	0,1–0,5
Цинк (Zn)	15–150	300–500
Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	6–7·10**	>7·10**
Калій (K <sub>2</sub> O)	2,5–3,0·10**	>3·10**
Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	100–700**	2000**

Примітка. «–» – даних у літературі немає; \* – у сухій речовині продуктів харчування; \*\* – у сухій речовині кормів; \*\*\* – у продуктах з природною вологістю.

Для людей і тварин збагачення рослинних продуктів фосфором і калієм небезпеки не становить. Небезпечним є відносний надлишок у рослинах вмісту фосфору і калію порівняно з кальцієм. Оптимальне співвідношення фосфору і кальцію становить 1 : 1 або 1,5 : 1. Для нейтралізації надлишку фосфору в продуктах необхідна дієта, збагачена не тільки кальцієм, а й магнієм та залізом. Проте найшкідливіше впливають на організм людини нітрати, нітрити та нітрозаміни (НА). Найнебезпечнішою вважається здатність нітрит-іонів утворювати канцерогенні нітрозосполуки – нітрозодиметиламін і нітрозодіетиламін. Нітрозаміни можуть міститися у воді, повітрі та ґрунті і навіть у рослинах. Джерелами забруднення ґрунту і рослин НА вважають пестициди, осади стічних вод, що використовують як добриво, де вміст НА 0,2–5,6 мг/кг.

Проте синтез НА може здійснюватись і в організмі людини чи тварини за значного вмісту в продуктах нітритів і нітратів. Тому слід максимально обмежувати надходження нітрат- і нітрит-іонів в організм з водою та їжею. Встановлено, що близько 70–90% надходження нітратів припадає на овочі, а решта – на воду, тому вони потребують дуже старанного контролю.

На думку багатьох дослідників, вміст НА в продуктах харчування не повинен перевищувати 5–10 мкг/кг продуктів. В Україні ГДК нітратів встановлені для більшості продовольчих культур і кормів, а ГДК нітритів – лише для кормів.

Численними дослідженнями встановлено, що накопиченню нітратів у рослинах сприяють такі умови: зниження освітленості; підвищення температури навколишнього середовища до 25–30 °С; високі норми азотних добрив і гною; нестача або порушення співвідношення NPK і мікроелементів.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Об'єктивні умови забруднення навколишнього середовища агрохімікатами.
2. Заходи для запобігання забрудненню ґрунту, води і рослин нітритами.
3. Заходи, які проводять з метою запобігання забрудненню навколишнього середовища тваринницькими стічними водами та безпідстилковим гноєм.
4. Назвіть ГДК нітратів для води, кормів і продуктів харчування.
5. Які існують шляхи надходження фосфорних і калійних добрив у водойми?

## АГРОХІМІЧНА СЛУЖБА, АГРОХІМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ОБСЛУГОВУВАННЯ

Основним завданням агрохімічної служби є вивчення стану ґрунту, проведення моніторингу сільськогосподарських угідь, складання агрохімічного паспорта поля, проведення масових аналізів ґрунту, кормів, добрив, розроблення рекомендацій для застосування добрив та інших засобів хімізації, добування і застосування сапропелю, торфу, вапнякових матеріалів, гіпсу. Об'єктами агрохімічного забезпечення і обслуговування є виробники сільськогосподарської продукції та сировини.

Агрохімічне забезпечення здійснюють державні й комерційні об'єднання та підприємства.

Головними напрямками діяльності Державного технологічного центру охорони родючості ґрунтів Міністерства аграрної політики України є такі: 1) розроблення пропозицій і здійснення єдиної науково-технічної політики у сфері охорони родючості ґрунтів; 2) науково-методичне і організаційне забезпечення проведення моніторингу ґрунтів, агрохімічної паспортизації земель; 3) заходи щодо забезпечення, відтворення і охорони родючості ґрунтів; 4) розроблення і впровадження науково обґрунтованих рекомендацій виготовлення і застосування добрив; 5) визначення якості та безпечності продукції рослинництва.

Агрохімічна служба здійснює державний контроль за станом родючості земель та зміною їх якісного складу внаслідок господарської діяльності, за застосуванням засобів хімізації підприємствами і господарствами різних форм власності.

До державних підприємств агрохімічної служби належать Державний технологічний центр охорони родючості ґрунтів, агрохімічні лабораторії науково-дослідних установ і навчальних закладів.

Державний технологічний центр охорони родючості ґрунтів, який об'єднує державні проектно-технологічні центри охорони родючості ґрунтів та якості продукції Автономної Республіки Крим і областей, агрохімічні лабораторії здійснюють наукове забезпечення сільськогосподарських підприємств.

Агрохімічне наукове забезпечення передбачає вивчення стану ґрунтів, агрохімічний моніторинг, паспортизацію земель,

вивчення складу кормів і ефективності застосування засобів хімізації, складання системи і плану застосування добрив, розроблення рекомендацій щодо використання засобів хімізації.

За результатами агрохімічних досліджень, моніторингу ґрунтів власнику чи землекористувачу земельної ділянки (поля) видають агрохімічний паспорт поля, який є основою для оцінки якості ґрунту, складання системи і плану застосування добрив, розроблення заходів для збереження і підвищення родючості ґрунтів. Дотримання технологічних вимог дає змогу вирощувати заплановані врожаї певної якості та зменшувати можливу негативну дію від застосування засобів хімізації на навколишнє природне середовище.

Агрохімслужба контролює відповідність добрив, засобів хімізації вимогам стандарту та технічним вимогам.

Вирощування сталих урожаїв сільськогосподарських культур неможливе без створення оптимальних умов середовища (рН) та без доведення до оптимального рівня запасу рухомих сполук фосфору і калію.

Прогресивні технології не можуть застосовуватися без агрохімічного їх забезпечення, яке передбачає проведення ґрунтової і рослинної діагностики, а також застосування добрив і засобів захисту рослин.

Агрохімслужба за результатами ґрунтової і рослинної діагностики визначає види, форми, норми і строки внесення добрив з урахуванням вмісту гідролізованого і мінерального азоту, рухомих сполук фосфору і калію, складає проектно-кошторисну документацію на проведення хімічної меліорації, проводить вапнування і гіпсування ґрунтів, виконує роботи з боротьби з бур'янами, хворобами і шкідниками за умови, що їх кількість перевищує допустимі пороги шкідливості.

Використання експрес-методів досліджень (інфрачервоної спектроскопії, фізико-хімічних методів) дає змогу скоротити час видачі результатів ґрунтової і рослинної діагностики та значною мірою керувати процесами формування врожаю високої якості. Наприклад, після проведення рослинної діагностики методом інфрачервоної спектроскопії можна проводити підживлення азотом озимої пшениці. На основі даних аналізу складу зерна формують його партії із заданими показниками вмісту білка і клейковини.

Використання методу інфрачервоної спектроскопії та інших методів досліджень, комп'ютерних програм дає змогу контролювати технологію вирощування, заготівлі і використання кормів, а використання експрес-методів і ЕОМ – контролювати та впливати на процеси формування врожаю згідно з математичними моделями врожаю, вносити своєчасно корективи у технологію вирощування культур. ЕОМ прискорюють роботи з



оптимізації забезпечення господарств засобами хімізації, проектно-кошторисною документацією на роботи з хімічної меліорації, зі складання системи і плану застосування добрив.

Агрохімічна служба контролює застосування всіма землекористувачами заходів, спрямованих на охорону навколишнього середовища, з метою зменшення накопичення нітратів, нітритів, деяких елементів і пестицидів, токсичних сполук у кількостях, які перевищують гранично допустимі норми.

За поєднаного застосування пестицидів з добривами контроль має бути спрямований на технологію їх використання із урахуванням еколого-токсикологічної характеристики і можливості негативного їх впливу на ґрунт, воду, продукцію рослинництва, на вміст токсичних залишків засобів хімізації в ґрунті і продукції рослинництва.

Використання результатів балансу поживних речовин і гумусу в господарствах, використання системи застосування добрив як елемента технології вирощування культур у сівозміні на фоні високої культури землеробства дає змогу послабити вплив несприятливих погодних умов на величину та якість урожаю, сприяє підвищенню продукції рослинництва і тваринництва, збереженню навколишнього середовища.

Застосування економіко-математичних методів і ЕОМ дає змогу визначати оптимальну потребу в добривах на запланований урожай, використовуючи функціональну залежність величини врожаю від властивостей ґрунту, вмісту рухомих поживних речовин, умов зволоження, попередників та інших умов.

Нормативний метод планування передбачає використання статистичних малодиференційованих норм добрив (табл. 119). Проте необхідно, щоб використовувані методи були диференційованими, відображали конкретні групові та інші умови з метою отримання кінцевої продукції. Значна частина цих недоліків ліквідується під час розробки математичних моделей – залежності зміни величини врожаю сільськогосподарських культур від зміни агрохімічних показників ґрунту, умов застосування добрив. Вони відображають динамізм взаємозв'язків причина – наслідок у системі ґрунт – рослина – добриво – урожай і якісно характеризують раціональний, а не загальний колообіг елементів живлення у цій системі з урахуванням біологічних особливостей культур і генетичних властивостей ґрунтів (Ф. О. Мосіюк).

Агрохімічне обслуговування передбачає комплекс заходів і послуг щодо забезпечення товаровиробника добривами, меліорантами, технікою, технологіями виконання агрохімічних робіт. Агрохімічне обслуговування здійснюють переважно комерційні структури, посередники між товаровиробником і власником добрив та інших засобів хімізації.

Таблиця 119. Нормативи затрат мінеральних добрив на одиницю врожаю (агрохімслужба України)

Культури	Затрати мінеральних добрив на формування 1 ц продукції, кг		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Без зрошення			
<i>Зернові і зернобобові з кукурудзою на зерно</i>	2,30	2,20	1,80
<i>Озимі зернові</i>			
пшениця	2,70	2,50	1,90
жито	3,10	2,90	2,60
ячмінь	2,10	2,10	1,50
<i>Ярі зернові</i>	2,20	2,30	2,00
пшениця	2,50	2,30	1,90
ячмінь	2,30	2,20	1,70
Овес	2,10	1,90	1,60
Кукурудза на зерно	2,00	1,70	1,90
Просо	1,90	1,50	1,40
Гречка	4,30	4,90	3,90
Сорго	1,80	1,40	1,30
Зернобобові	2,20	3,0	2,30
Горох	2,20	3,10	2,40
<i>Технічні</i>	2,31	2,90	2,30
Цукрові буряки	0,45	0,45	0,51
Льон-довгунець	6,80	11,4	12,0
Коноплі	16,0	12,2	11,5
Соняшник	3,10	3,70	2,70
Соя	3,50	7,30	2,65
Ріпак	6,50	4,90	4,10
Цикорій	1,20	1,10	1,10
Ефіроолійні	3,60	3,90	2,50
Коріандр	5,0	7,10	4,00
Лаванда	3,0	2,0	0,90
Лікарські рослини	8,10	8,10	6,70
Картопля	0,76	0,72	0,60
Овочі (без насінних посівів)	0,45	0,51	0,36
Кормові	0,76	0,88	0,86
на силос (з кукурудзою на зелений корм)	0,39	0,30	0,25
коренеплоди	0,27	0,20	0,25
<i>Трави</i>			
однорічні (сіно)	1,60	1,30	1,10
багаторічні (сіно)	0,75	1,30	1,40
Природні сінокоси і пасовища (сіно)	2,80	1,80	1,40
Культурні сінокоси і пасовища	2,40	1,10	1,28
Багаторічні насадження	2,82	2,52	2,36
Сади і виноградники	2,62	2,14	2,19
Виноградники	2,19	2,54	1,71
Хмільники	19,0	18,0	25,0
Тутові	3,0	1,80	0,70

Культури	Затрати мінеральних добрив на формування 1 ц продукції, кг		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
В умовах зрошення			
Зернові	2,30	1,80	1,30
Озимі зернові			
пшениця	2,50	1,80	1,30
жито	2,50	1,80	1,20
Ячмінь і овес	1,70	2,40	1,20
Кукурудза на зерно	2,20	1,40	1,20
Рис	3,40	2,10	1,80
Круп'яні (просо, гречка, сорго)	2,70	2,90	1,20
Горох	2,50	3,20	1,80
Технічні	2,99	4,96	1,93
Цукрові буряки	0,51	0,43	0,52
Соняшник	4,30	4,60	2,40
Соя	3,30	6,70	2,20
Картопля	0,77	0,72	0,51
Овочеві (без насінників)	0,45	0,45	0,33
Кормові на силос (з кукурудзою на зелений корм)	0,34	0,25	0,23
Трави			
однорічні (зелена маса)	0,56	0,37	0,23
багаторічні (зелена маса)	0,33	0,34	0,32
Природні сінокоси і пасовища (сіно)	2,60	1,0	0,90
Багаторічні насадження			
сади і ягідники	1,59	1,10	1,01
виноградники	2,45	2,45	1,95

Агрохімічне забезпечення спрямоване на визначення і використання запасу поживних речовин ґрунту, засобів хімізації з урахуванням технології вирощування сільськогосподарських культур, екологічного й економічного їх обґрунтування, створення матеріально-технічної бази, добування і виробництва місцевих добрив.

Агрохімічне обслуговування здійснюють Національна асоціація «Укрсільгоспхімія», ВАТ «Агрохімцентр», районні формування «Сільгоспхімія», комерційні структури, що займаються постачанням засобів хімізації, пункти хімізації господарств.

Базову виробничу основу об'єднань «Укрсільгоспхімія» становлять районні формування «Сільгоспхімія». Назва і завдання формувань «Сільгоспхімія» свідчать про можливість надання послуг, пов'язаних із застосуванням добрив і засобів захисту рослин.

Агрохімічне обслуговування сільськогосподарських господарств здійснюється на договірній основі. У договорі обумовлюють обсяги робіт, час і порядок їх виконання з урахуванням технологічних вимог.

Аналіз результатів проведення агрохімічного забезпечення і обслуговування дає змогу визначити агрохімічну, екологічну й економічну ефективність застосування засобів хімізації.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Структура агрохімічної служби.
2. Завдання і функції об'єднань агрохімічної служби.
3. У чому суть агрохімічного забезпечення сучасних технологій вирощування озимої пшениці та інших культур?

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДОБРІВ

Добрива – потужний фактор підвищення врожайності культур і продуктивності сільського господарства в цілому. За даними вітчизняних і зарубіжних учених, частка добрив у формуванні врожаю становить 30–50 %, а в прирості врожаю – 50–80 %. Затрати на їх використання коливаються в межах 10–25 % усіх затрат рослинництва (Л. М. Державін). Проте для вибору та впровадження у виробництво найефективніших норм, форм, способів і строків використання добрив необхідна їх економічна оцінка. Енергетична ефективність використання добрив не завжди відповідає економічній, тому для більш достовірної оцінки дії добрив слід визначити ці два показники.

Приблизну ефективність використання добрив можна визначити після порівняння нормативних їх затрат з фактичними затратами (кілограмів поживних речовин мінеральних або тонн органічних добрив) на вирощування 1 т загальної врожайності. Якщо фактичні затрати близькі до нормативних або нижчі за них, то вважають, що добрива використовують раціонально та ефективно, а якщо фактичні затрати більші за нормативні, то вважають, що ефективність добрив низька. Економічна ефективність використання добрив визначається на різних рівнях: безпосередньо на сільськогосподарських підприємствах різних форм власності – господарська ефективність; в районі, області, краї, державі – регіональна ефективність; у сільському господарстві в цілому – галузева ефективність; в масштабі народного господарства – народногосподарська ефективність. У кожному конкретному випадку оцінку проводять, виходячи з критерію і показників народногосподарської ефективності. Для окремих підприємств і галузей в цілому економічно вигідно те, що ефективно для народного господарства. Господарську ефективність добрив можна визначити на рівні окремої культури (поля), окремої сівозміни, а також на рівні всього підприємства.

Основною умовою правильного визначення ефективності добрив у господарствах є одержання достовірних даних про приріст урожаю за рахунок добрив. Приріст – це головний по-

казник усіх економічних розрахунків. Його величину встановлюють прямим методом на основі результатів тимчасових польових дослідів після зіставлення даних урожаю на ділянках контролю з даними на ділянках, де вносили підвищені норми добрив.

Ідеальним вважається випадок, коли досліді проводять у тому самому господарстві, для виробничих умов якого визначається приріст урожайності. Проте добрі результати одержують також під час використання даних польових дослідів, проведених в ідентичних до господарських ґрунтово-кліматичних умовах. За результатами польового дослідів шляхом ділення приросту врожайності на врожайність визначають частку участі добрив у формуванні врожаю. Отриманий показник використовують під час визначення приросту врожайності від добрив в умовах господарства. Наприклад, на чорноземі типовому малоґумусному середньозмітному було проведено тимчасовий польовий дослід з озимою пшеницею. За результатами дослідів було встановлено частку участі добрив у формуванні врожаю і масштаб цієї частки (табл. 120).

Масштаб частки добрива визначають за формулою

$$M = \frac{H_2 - H_1}{D_2 - D_1},$$

де  $M$  – масштаб частки (кількість поживних речовин добрив, яку треба внести для зміни частки добрив на 1 %), кг/га;  $H_2$ ,  $H_1$  – відповідно вища і нижча норми добрив у досліді, кг/га;  $D_2$ ,  $D_1$  – частка участі добрив, які відповідають указаним нормам, %.

Показник «масштаб частки» використовують для уточнення частки участі добрив у разі розходження норм добрив під час дослідів та у виробничих умовах. Наприклад, у ґрунтозахис-

Таблиця 120. Визначення частки участі добрив у формуванні врожаю озимої пшениці (М. В. Козлов, 1987)

Внесено мінеральних добрив, кг/га				Врожайність, ц/га	Приріст врожайності, ц/га	Частка участі добрив у врожаї, %	Масштаб частки 1 %, кг NPK
всього	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				
Контроль (без добрив)				20,2	–	–	–
80	0	40	40	23,6	3,4	14,4	–
120	40	40	40	28,6	8,4	29,4	6,9
160	80	40	40	31,7	11,5	36,3	5,8
200	120	40	40	34,5	14,3	41,4	7,8

ній виробничій сівоzmіні на чорноземі типовому малогумусно-му середньозмитому після внесення під озиму пшеницю 150 кг NPK було вирощено врожай зерна 30 ц/га. Треба визначити приріст урожайності від застосування добрив. Із таблиці результатів дослідів знаходимо близьку до господарської норму добрив у досліді. Вона становить 160 кг/га. Оскільки норми добрив у досліді і на виробництві неоднакові, то частку участі добрив уточнюють за формулою масштабу частки, наведеної раніше:

$$5,8 = \frac{160 - 150}{36,3 - D}, D_1 = 34,6 \%$$

Приріст урожайності ( $\Delta y$ ) у виробничих умовах господарства становить:

$$\Delta y = y_{D_1} : 100 = 30 \cdot 34,6 : 100 = 10,4 \text{ ц/га.}$$

Отже, за рахунок родючості ґрунту та інших не врахованих факторів господарство отримало 19,6 ц/га зерна озимої пшениці ( $30,0 - 10,4 = 19,6$ ). Якщо порівняти одержаний результат (19,6 ц/га) з урожайністю на контролі (20,2 ц/га), то побачимо невелику різницю між ними, що свідчить про високу точність і надійність цього методу, який в агрохімічній практиці відомий як метод «частки участі добрив у одержанні врожаю».

За відсутності для конкретного господарства дослідних даних слід скористатися відповідними нормативними показниками (табл. 121).

Визначивши величину приросту врожаю від використання добрив, розраховують показники їх економічної ефективності після зіставлення вартості допоміжної продукції з витратами на її виробництво. Під час визначення вартості приросту врожаю враховують кількість основної та побічної продукції, а також її якість. Продукцію, отриману за рахунок добрив, оцінюють за цінами фактичної реалізації. Вартість основної і побічної продукції кормових культур оцінюють через вартість 1 ц кормових одиниць, яку прирівнюють до ціни за 1 ц вівса. Приріст врожаю в сівоzmіні чи в господарстві визначають у перерахунку на зернові одиниці (табл. 122).

Чистий прибуток господарства від використання добрив визначають за формулою

$$Ч_n = (C_1 + C_2) - E,$$

де  $Ч_n$  – чистий прибуток;  $C_1$  – вартість приросту урожайності основної продукції;  $C_2$  – вартість побічної продукції;  $E$  – сума витрат, пов'язаних з використанням добрив.

Таблиця 121. Нормативні показники для визначення економічної ефективності добрив у господарствах України

Культура	Норма добрив, кг/га	Частка участі добрив у врожаї, %	Масштаб частки 1%, кг NPK на 1 га	Масштаб окупності, кг приросту продукції на 1 кг приросту NPK	Нормативна окупність 1 кг NPK врожаєм, кг
Озима пшениця	101	14,5	–	–	4,8
	149	19,6	10	0,006	4,5
	193	29,0	13	0,006	4,2
	239	24,4	33	0,011	3,7
Озима пшениця (в умовах зрошення)	129	19,0	–	–	7,3
	189	25,6	9	0,006	6,9
	236	28,0	19	0,012	6,3
	317	28,8	101	0,017	4,9
Кукурудза на зерно	128	16,1	–	–	5,1
	180	20,1	13	0,011	4,5
	244	22,6	26	0,012	3,6
Кукурудза на зерно (в умовах зрошення)	190	23,4	–	–	9,2
	222	27,0	9	0,012	9,1
	284	30,2	19	0,012	8,3
Цукрові буряки	248	22,7	46	0,053	27,4
	349	24,9	–	–	27,0
	480	27,2	57	0,031	18,0
Картопля	175	22,0	10	0,004	18,3
	242	28,6	–	–	18,0
	372	30,7	62	0,041	13,5
Кукурудза на силос і зелений корм	154	17,0	–	–	31,2
	210	21,9	11	0,004	31,0
	175	23,7	36	0,069	26,5
Льон-довгунець	150	24,7	26	0,002	1,0
	199	26,6	–	–	0,9
	249	27,5	55	0,004	0,7

Рівень рентабельності

$$P = \left( \frac{C_1 + C_2}{E} - 1 \right) 100,$$

де  $P$  – рівень рентабельності, %;  $C_1$ ,  $C_2$  – відповідно вартість основної і побічної продукції;  $E$  – затрати на використання добрив.

Таблиця 122. Коефіцієнти для перерахунку продукції рослинництва на зернові одиниці

Рослинна продукція	Коефіцієнт перерахунку	Рослинна продукція	Коефіцієнт перерахунку
Соя	1,80	Сіно	
Горох, боби	1,40	однорічних трав	0,40
Вика	1,20	багаторічних трав	0,50
Пшениця, жито, ячмінь	1,00	Солома	
Овес, кукурудза	0,80	озимих культур	0,20
Цукрові буряки	0,80	ярих культур	0,25
Льон-довгунець	0,26	Кукурудза на силос і зелений корм	0,17
волокно	3,85	Інші силосні культури	0,12
насіння	1,65	Концентрати	1,00
соломка	0,41	Ягоди	0,12
Соняшник	1,47	Плоди	
Картопля	0,25	кісточкові	0,14
Овочі	0,16	насінячкові	0,22
Кормові		Виноград	0,22
коренеплоди	0,20	Ефіроолійні	1,24
		Рицина	1,75

Собівартість одиниці врожаю

$$C_s = \frac{E_0 + E}{B_0 + B_d},$$

де  $C_s$  – собівартість одиниці маси врожаю;  $E_0$  – витрати на 1 га (без використання добрив);  $E$  – допоміжні витрати, пов'язані з використанням добрив та збиранням допоміжного врожаю;  $B_0$  – врожайність без добрив, ц/га;  $B_d$  – приріст урожайності за рахунок добрив, ц/га.

Послідовність проведення розрахунку основних економічних показників наведена в табл. 123.

Визначення економічної ефективності використання добрив у дослідках виконують аналогічно наведеній схемі з тією лише відмінністю, що приріст урожайності визначають за різницею врожайності на контролі та в удобреному варіанті, а розрахований при цьому прибуток називають умовно чистим прибутком у зв'язку з тим, що умови проведення польового дослідження значно відрізняються від виробничих.

Енергетичну ефективність використання добрив визначають, виходячи із витрат енергії на їх використання та вмісту енергії в прирості врожайності від добрив основної продукції. Добри-

Таблиця 123. Схема визначення економічної ефективності добрив, у перерахунку на 1 га

Показник	На 1 га площі	
	Без добрив	З використанням добрив
Витрати на основний і передпосівний обробіток ґрунту, грн		
Вартість норми добрив на 1 га, грн		
Витрати на підготовку, змішування і транспортування добрив, грн		
Витрати на внесення добрив, грн		
Вартість норми посівного матеріалу на 1 га, грн		
Витрати на підготовку, транспортування і сівбу (садіння) посівного матеріалу, грн		
Витрати на догляд за посівами, грн		
Витрати на збирання, транспортування, сортування і реалізацію врожаю, грн		
Разом прямих витрат, грн		
Накладні витрати (10 %), грн		
Всього витрат, грн		
У тому числі на використання добрив, збирання і реалізацію приросту врожаю, грн		
Врожайність основної продукції, ц/га		
Врожайність побічної продукції, ц/га		
Приріст урожайності основної і побічної продукції, грн		
Вартість врожайності основної і побічної продукції, грн		
Чистий прибуток, грн		
Вартість приросту врожайності основної і побічної продукції, грн		
Собівартість виробництва 1 ц врожайності, грн		
Одержано чистого прибутку за рахунок використання добрив, грн		
на 1 га зібраної площі		
на 1 грн витрат, пов'язаних з використанням добрив		

ва збільшують енерговитрати, особливо за високих норм, одночасно посилюючи фотосинтез, вони підвищують енерговіддачу. Енергетичний к. к. д., або енерговіддачу використання добрив, визначають за формулою

$$K = \frac{E_3}{E_s},$$

де  $K$  – енергетичний коефіцієнт корисної дії використання добрив;  $E_1$  – енергетичні витрати на використання добрив, кДж/га;  $E_2$  – енергетична ємність приросту врожаю, кДж/га.

Енергетична ефективність, розрахована за результатами дослідів агрохімічної служби, досить висока, кількість нагромадженої енергії допоміжним врожаєм основної продукції перевищує енергетичні витрати в 1,27–3,78 раза, а в перерахунку на всю біомасу – в 2,08–9,14 раза. Енерговитрати на добрива найнижчі для кукурудзи на силос, цукрових буряків і картоплі, значно вищі – для озимої пшениці, ярого ячменю, кукурудзи на зерно, найвищі – для льону-довгунця і соняшнику.

Дуже низька енергетична ефективність характерна для азотних добрив, що пов'язано з більшими затратами енергії на їх виробництво. У фосфорних і калійних добрив вона дещо вища. Так, за даними ЦІНАО, енергетичний к. к. д. озимої пшениці на фоні повного мінерального добрива становив 1,54, на фоні азоту – 0,82, фосфору – 4,75 і калію – 4,77 (табл. 124).

Таблиця 124. Енергетична ефективність використання мінеральних добрив (Л. М. Державін)

Культура	Внесено добрив, кг/га	Врожайність основної продукції, ц/га	Приріст урожайності від добрив, ц/га	Енерговитрати на отримання 1 ц приросту урожайності, МДж	Енергетичний коефіцієнт корисної дії добрив		
					основної продукції	надземної маси	біомаси
Озима пшениця	$N_{78}P_{72}K_{36}$	33,4	8,0	1063	1,54	3,84	4,47
Ярий ячмінь	$N_{78}P_{72}K_{61}$	30,2	9,0	939	1,76	3,704	4,31
Цукрові буряки	$N_{110}P_{123}K_{119}$	361	95	131	1,95	2,46	2,74
Картопля	$N_{109}P_{98}K_{109}$	209	72	166	2,20	3,96	4,40
Льон-довгунець (волокно)	$N_{45}P_{90}K_{86}$	8,4	2,4	2478	1,27	1,53	2,09
Соняшник	$N_{42}P_{58}K_{32}$	20,3	37	1318	1,39	8,33	9,14
Кукурудза на силос	$N_{81}P_{812}K_{61}$	2,86	7,8	109	3,78	3,78	4,25
Кукурудза на зерно	$N_{81}P_{81}K_{56}$	45,0	10,7	805	1,87	4,49	5,06

Характеризуючи вплив добрив на економіку виробництва продукції рослинництва, треба зазначити, що використання мінеральних добрив сприяло зниженню трудомісткості виробництва 1 ц зерна озимої пшениці на 10–17 % на Поліссі і 15,4–28,6 % в Лісостепу, кукурудзи на зерно в Степу – на 14,5–20,8 %, в Лісостепу – на 15–16 %.

Внесення мінеральних добрив під озиму пшеницю зумовило зниження собівартості виробництва зерна. Проте їх вплив на собівартість виробництва зерна був меншим, ніж у буряківництва, льонарстві і картоплярстві. Основним способом зниження собівартості зерна є підвищення окупності одиниці добрив урожаєм, що досягається за науково обґрунтованого розміщення та внесення добрив.

Рівень рентабельності використання добрив коливається від 8 до 300 %. При цьому рівень рентабельності органічних добрив значно нижчий від мінеральних. Так, у буряківництві він коливається в межах 5–100, картоплярстві – 10–30, кормовиробництві – 5–15 %.

#### Контрольні запитання і завдання

1. Яка частка участі добрив у одержанні врожаю та приросту врожаю в Україні?
2. Як визначити ефективність використання добрив у господарстві за нормативами витрат добрив на отримання одиниці врожайності?
3. Що є основним показником ефективності використання добрив?
4. Яке значення дослідів з добривами, проведеного в господарстві, для визначення економічної ефективності використання добрив?
5. Як визначають у господарстві чистий прибуток від використання добрив?
6. Які суть і значення визначення економічної ефективності використання добрив?

## ДОДАТКИ

Продовження дод. 2

Додаток 1

Умовні позначення добрив

$N_a$ – сульфат амонію	$P_{\Phi}$ – фосфоритне борошно
$N_{am}$ – аміачна селітра	$P_{\Phi sh}$ – фосфатшлак
$N_c$ – натрієва селітра	$P_n$ – преципітат
$N_{kc}$ – калійна селітра	$K_k$ – калійна сіль
$N_{xk}$ – хлорид амонію	$K_x$ – хлорид калію
$N_{zm}$ – ціанамід кальцію	$K_{sk}$ – сульфат калію
$N_z$ – сечовина	$K_s$ – силвініт
$N_{zv}$ – водний аміак	$K_m$ – калімагнезія
$N_{am}$ – аміакати	$K_n$ – каїніт
$N_v$ – безводний аміак	$K_a$ – калійна сіль
$P_c$ – суперфосфат простий порош- коподібний	$P_{am}$ – амофос
$P_{ct}$ – суперфосфат простий грану- льований	$D_{dam}$ – діамофос
$P_{ca}$ – суперфосфат подвійний	$N_{\Phi K}$ – нітрофоска
$P_a$ – суперфосфат амонізований	$HA_{\Phi K}$ – нітроамофоска
	$KA_{\Phi K}$ – карбоамофоска

Додаток 2

Вміст азоту та деяких зольних елементів у різних сільськогосподарських культурах (% на суху речовину, а для коренеплодів, овочевих і зеленої маси – на сирі речовину)

Культура	Продукція	Азот (N)	Калій (K <sub>2</sub> O)	Кальцій (CaO)	Магній (MgO)	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Пшениця озима	Зерно	2–2,5	0,5–0,8	0,07	0,15	0,85–1,0
	Солома	0,50	0,9–1,0	0,28	0,11	0,20
Пшениця яра	Зерно	2–3	0,6–0,9	0,05	0,22	0,85
	Солома	0,60	0,75–1,0	0,26	0,09	0,20
Кукурудза	Зерно	0,8–2,0	0,37	0,03	0,19	0,57
Жито	Зерно	1,60	0,60	0,09	0,12	0,85
	Солома	0,45	1,0	0,29	0,09	0,26
Ячмінь	Зерно	1,90	0,55	0,10	0,46	0,85
ярий	Солома	0,50	1,0	0,33	0,09	0,20
Овес	Зерно	2,10	0,50	0,16	0,17	0,85
	Солома	0,65	1,60	0,38	0,12	0,35
Рис	Зерно	1,20	0,31	0,07	0,18	0,81

Культура	Продукція	Азот (N)	Калій (K <sub>2</sub> O)	Кальцій (CaO)	Магній (MgO)	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Просо	Зерно	1,85	0,50	0,10	–	0,85
	Солома	–	1,59	0,13	0,05	0,18
Гречка	Зерно	1,80	0,27	0,05	0,15	0,57
	Солома	0,80	2,42	0,95	0,19	0,61
Горох	Зерно	4,50	1,25	0,09	0,13	1,00
	Солома	1,40	0,50	1,82	0,27	0,35
	Зелена маса	0,65	–	0,35	0,14	0,15
Квасоля	Зерно	3,68	1,72	0,24	0,29	0,38
Люпин	Зерно	4,80	1,14	0,28	0,45	1,42
	Солома	1,00	1,77	0,97	0,34	0,25
	Зелена маса	0,55	0,30	0,16	0,06	0,11
Соя	Зерно	5,80	1,26	0,17	0,25	1,04
	Солома	1,20	0,50	1,46	0,50	0,36
Вика	Зерно	4,55	0,90	0,22	0,24	0,99
	Солома	1,40	0,63	0,56	0,37	0,27
Сочевниця	Зерно	4,80	0,88	0,17	0,07	0,98
Кормові боби	Зерно	4,08	1,29	0,15	0,22	1,21
	Солома	1,25	1,94	1,20	0,28	0,29
Бавовник	Насіння	3,00	1,25	0,20	0,54	1,10
	Волокно	0,34	0,91	0,16	0,17	0,06
	Коробочки	2,54	3,43	1,06	0,28	0,32
	Листя	3,20	1,28	6,14	1,12	0,50
	Стебла	1,46	1,31	1,00	0,41	0,21
Льон	Насіння	4,00	1,00	0,26	0,47	1,35
	Солома	0,62	0,97	0,69	0,20	0,42
Соняшник	Насіння	2,61	0,96	0,20	0,51	1,39
	Ціла рослина	–	–	1,53	0,68	0,76
Гірчиця	Насіння	4,50	0,59	0,70	0,37	1,47
Мак	Насіння	3,20	0,70	1,82	0,49	1,62
	Солома	1,00	1,84	1,47	0,31	0,16
Рицина	Насіння	2,75	0,39	0,46	0,28	0,65
Чай	Готовий продукт	4,70	1,90	0,46	0,50	0,86
Тютюн	Листя	2,45	5,09	5,07	1,04	0,66
	Стебла	1,64	3,82	1,24	0,05	0,92
Махорка	–	–	3,03	9,68	1,86	1,11
Хміль	Ціла рослина	2,50	1,79	1,07	0,70	0,58

Культура	Продукція	Азот (N)	Калій (K <sub>2</sub> O)	Кальцій (CaO)	Магній (MgO)	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Буряки цукрові	Стебла	1,57	1,12	1,25	0,27	0,39
	Шишки	3,22	2,30	1,10	0,36	1,11
	Корені	0,24	0,25	0,06	0,05	0,08
	Гичка	0,35	0,50	0,17	0,11	0,10
	Корені	0,19	0,42	0,03	0,04	0,07
Буряки кормові	Гичка	0,30	0,25	0,16	0,14	0,08
	Бульби	0,32	0,60	0,03	0,06	0,14
	Бадилля	0,30	0,85	0,80	0,21	0,16
Турнепс	Корені	0,18	0,29	0,07	0,02	0,08
	Гичка	0,30	0,28	0,39	3,05	0,09
Бруква	Корені	0,21	0,35	0,04	0,03	0,11
	Гичка	0,34	0,42	0,65	0,08	0,20
Морква	Корені	0,18	0,40	0,07	0,05	0,11
	Гичка	0,34	0,60	0,50	0,15	0,08
Цикорій	Корені	0,21	0,26	0,05	0,03	0,08
	Гичка	0,35	0,43	0,33	0,04	0,10
Капуста білоголова	Головка	0,93	0,27-0,4	0,07	0,03	0,09-0,12
Цибуля-ріпка	Цибулина	0,30	-	0,12-0,2	-	0,11-0,40
Морква столова	Корені	0,23	0,38	0,12	0,5-0,12	0,13
Огірки	Плоди	-	0,22	0,03	0,02	-
Салат	Листя	0,26	0,39	0,15	0,06	0,06-0,09
Помідори	Плоди	0,26	0,29-0,3	0,04	0,06	0,07
Лучні трави	Сіно	0,70	1,80	0,95	0,41	0,70
Люцерна (початок цвітіння)	Сіно	2,60	1,50	2,52	0,31	0,65
Червона конюшина	Сіно	1,97	1,50	2,35	0,76	0,56
Вика (цвітіння)	Сіно	2,27	1,00	1,63	0,46	0,62
Тимофіївка	Сіно	1,55	2,04	0,49	0,20	0,70
Еспарцет	Сіно	2,50	1,30	1,68	0,63	0,46
Серадела	Сіно	2,45	2,19	1,82	0,28	0,91

Внес поживних речовин з урожаєм сільськогосподарських культур (кг) на 1 т основної продукції з урахуванням відповідної кількості побічної

Культура	Основні види продукції	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озима пшениця	Зерно	32	11	16
Яра пшениця	»	42	11	5
Озиме жито	»	29	12	21
Ярий	»	27	11	16
і озимий ячмінь	»	30	10	26
Кукурудза	»	32	14	28
Овес	»	34	9	29
Просо	»	37	11	16
Сорго	»	30	15	39
Гречка	»	66	15	29
Горох	»	65	14	16
Вика	»	60	17	33
Люпин	»	72	14	20
Соя	»	80	40	70
Льон-довгунець	Насіння	80	26	95
Коноплі	Волокно	43	23	26
	Насіння	200	62	100
	Волокно	60	35	90
Ріпак	Насіння	57	29	114
Соняшник	Насіння	5,0	1,3	5,0
Цукрові буряки	Коренеплоди	4,0	1,2	5,0
Кормові буряки	»	5,0	2,2	8,0
Картопля	Бульби	4,5	1,0	2,8
Кукурудза	Зелена маса	2,0	1,0	4,0
Вико-овес	»	6,0	1,1	3,0
Люпин	»	7,0	1,5	2,0
Горох	»	19	6	15
Конюшина	Сіно	26	6	15
Люцерна	»	16	7	24
Тимофіївка	»	17	7	18
Природні сіножаті	»	3,3	1,3	4,4
Капуста	Головки	3,3	1,1	4,5
Помідори	Плоди	3,0	1,5	4,5
Огірки	»	3,0	1,2	4,0
Цибуля	»	3,0	1,5	4,0
Овочі в середньому	»	3,0	1,2	4,5
Столові буряки	Коренеплоди	3,2	1,0	5,0
Столова морква	»	43	17	22,5
Зелений горошок	»	2,9	1,0	5,0
Кормовий баштан	»	3,0	1,2	4,5
Столовий баштан	»			



Культура	Основні види продукції	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Однорічні трави	Зелена маса на корм	11,4	1,6	4,8
	Сіно	20	7	19
Природні сіножаті	Зелена маса на силос	3,7	1,5	3,9
	Зелена маса	1,5	0,5	2,0
Багаторічні трави	Насіння	20	8	17
Суданка	Зелена маса на корм	2,5	1,1	3,0
Люцерна	Насіння	21	5,4	11
Тютюн	Листя	24,5	6,6	51,0
Соняшник	Силос	2,9	0,8	6,0
Ячмінь	Вегетативна маса	4,5	1,8	3,6
Озиме жито	Зелена маса	3,0	2,5	5,0
Кормова капуста	Силос	3,1	1,4	6,1

Додаток 4

Коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту за різного вмісту елементів живлення

Культура	N, мг/100 г ґрунту			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г ґрунту			K <sub>2</sub> O, мг/100 г ґрунту		
	до 5	6-10	11-15	до 5	6-10	11-15	до 5	6-10	11-15
<i>Чорноземи і сірі опідзолені ґрунти</i>									
Пшениця озима	34	25	23	11	9	5	17	13	12
Озиме жито	20	16	13	7	6	5	11	10	10
Ярі зернові	25	19	17	10	9	7	20	16	14
і кукурудза на силос									
Гречка	16	12	11	7	6	5	19	16	14
Кукурудза на зерно	35	26	24	12	9	8	31	23	19
Цукрові									
і кормові буряки	33	30	27	10	9	8	33	30	30
Картопля	21	21	20	9	9	9	33	30	30
Соняшник	38	32	25	23	16	12	75	65	50
Горох	39	39	35	9	9	8	15	12	10
Багаторічні трави	19	12	12	8	5	5	17	11	10
Капуста	40	35	28	18	14	11	44	38	22
Помідори	34	25	19	6	5	4	38	34	27
Огірки	18	17	15	10	9	8	27	21	17

Культура	N, мг/100 г ґрунту			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г ґрунту			K <sub>2</sub> O, мг/100 г ґрунту		
	до 5	6-10	11-15	до 5	6-10	11-15	до 5	6-10	11-15
<i>Дерново-підзолисті ґрунти</i>									
Пшениця озима	32	24	23	10	8	8	14	12	11
Ярі зернові	23	18	16	9	6	5	17	14	12
і кукурудза на силос									
Гречка	10	8	8	6	6	5	10	10	10
Кукурудза на зерно	32	25	23	11	8	8	22	21	20
Картопля	29	23	23	12	10	10	37	37	37
Горох	38	33	27	9	7	6	10	10	8
Люпин (зерно)	25	24	21	9	5	5	12	11	8
Люпин (зелена маса)	50	34	40	9	6	5	20	20	17
Льон (насіння)	16	8	7	6	5	5	5	5	5
Багаторічні трави	9	9	8	5	5	5	8	8	7
<i>Чорноземи південні і каштанові ґрунти</i>									
Пшениця озима	32	25	22	11	9	9	16	12	11
Пшениця яра	23	21	20	6	6	5	10	8	7
Ярі зернові	25	20	18	10	8	7	20	17	15
і кукурудза на силос									
Гречка	14	12	10	7	6	5	20	15	13
Кукурудза на зерно	34	25	21	12	9	7	33	23	19
Цукрові	31	28	27	10	8	9	33	30	30
і кормові буряки									
Соняшник	33	30	29	19	16	15	76	61	58
Рис	24	22	18	5	5	5	17	17	17
Горох	39	35	28	10	9	8	13	11	9
Багаторічні трави	20	16	15	8	6	6	17	15	13

Додаток 5

Групування ґрунтів за нітрифікаційною здатністю (за методом Кравкова)

Група ґрунтів	Нітрифікаційна здатність	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг ґрунту
1	Дуже низька	<5,0
2	Низька	5,1-8,0
3	Середня	8,1-15,0
4	Підвищена	15,1-30,0
5	Висока	30,1-60,0
6	Дуже висока	>60

## Групування ґрунтів за вмістом гідролізованого азоту

Група ґрунтів	Вміст гідролізованого азоту	Вміст N, мг/кг ґрунту	
		За методом Тюріна і Конової	За методом Корнфілда
1	Дуже низький	<30	<100
2	Низький	31-40	101-150
3	Середній	41-50	151-200
4	Підвищений	51-70	>200
5	Високий	71-100	
6	Дуже високий	>100	

## Групування ґрунтів за забезпеченістю рослин рухомими формами фосфору

Забезпеченість рослин	Вміст $P_2O_5$ , мг/100 ґрунту					
	за методом Кірсанова			за методом Чирікова		
	зернові	просапні	овочі	зернові	просапні	овочі
Дуже низька	2	8	15	2	5	10
Низька	8	15	20	5	10	15
Середня	8-15	15-20	20-30	5-10	10-15	15-20
Висока	>15	>20	>30	>10	>15	>30

Забезпеченість рослин	Вміст $P_2O_5$ , мг/100 ґрунту					
	за методом Мачигіна			за методом Гусейнова		
	зернові	просапні	овочі	зернові	просапні	овочі
Дуже низька	1	1,5	3	8	15	30
Низька	1,5	3	4,5	15	30	45
Середня	1,5-3	3-4,5	4,5-6	15-30	30-45	45-60
Висока	>3	>4,5	>6	>30	>45	>60

## Групування ґрунтів за вмістом рухомого калію

Група ґрунтів	Вміст рухомого калію	Вміст $K_2O$ , мг/кг ґрунту			
		Витяжка			за методом Маслової
		за методом Кірсанова	за методом Чирікова	за методом Мачигіна	
1	Дуже низький	40	<20	<50	<50
2	Низький	41-80	21-40	51-100	51-100
3	Середній	81-120	41-80	101-200	101-150
4	Підвищений	121-170	81-120	201-300	151-200
5	Високий	171-250	121-180	301-400	201-300
6	Дуже високий	>250	>180	>400	>300

## Середні нормативи витрат поживних речовин мінеральних добрив на 1 т сільськогосподарської продукції, кг поживної речовини (Е. Г. Дегодюк)

Культура	Полісся			Лістостеп		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Пшениця озима	30	17	19	28	18	20
Жито озиме	22	22	21	22	22	21
Ячмінь ярий	21	17	19	21	16	17
Овес	24	20	22	23	19	21
Кукурудза на зерно						
без гною	-	-	-	22	19	21
з гноем	22	17	20	18	17	18
Гречка	55	55	43	38	41	36
Просо	13	13	13	22	17	15
Горох	16	23	23	16	23	23
Люпин	-	28	36	-	-	-
Озимий ріпак	30	33,3	33,3	40	30	30
Ярий ріпак	46,6	33,3	40	33	33	33
Цукрові буряки						
без гною	4,5	3,9	5,0	4,5	3,8	4,6
з гноем 20 т/га	3,7	2,9	3,8	3,7	3,3	3,7
» 40 т/га	3,7	2,4	3,1	3,0	2,8	3,0
» 60 т/га	3,3	1,9	2,4	2,3	2,2	2,3
Картопля						
без гною	6,5	5,7	7,0	6,4	5,5	6,4
з гноем 20 т/га	5,0	4,6	6,4	4,9	4,5	5,0
» 40 т/га	3,5	3,6	3,4	3,4	3,2	3,4
» 60 т/га	2,0	1,9	2,0	1,9	1,8	2,0
Льон-довгунець (насіння)	51	105	125	-	-	-
Коноплі (волокно)	-	-	-	95	62	62
Соняшник	-	-	-	29	33	26
Інші овочі						
без гною	4,4	4,5	4,5	3,6	3,6	3,6
з гноем	3,0	3,0	3,0	2,4	2,4	2,4
Цибуля-ріпка з гноем	3,7	4,1	4,1	2,9	3,5	3,5
Столові буряки без гною	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Морква без гною	2,3	1,8	2,2	2,3	1,8	2,2
Капуста						
без гною	2,5	2,5	3,0	2,5	2,5	2,6
з гноем 20 т/га	2,0	2,0	2,2	2,0	2,0	2,0
» 40 т/га	1,8	1,8	2,0	1,7	1,7	1,7
» 60 т/га	1,3	1,3	1,5	1,2	1,2	1,2
Огірки						
без гною	2,7	3,8	4,0	2,7	3,8	4,0
з гноем 40 т/га	2,4	3,0	2,4	2,4	3,0	2,4
» 60 т/га	2,0	2,5	2,0	2,0	2,5	2,0
Помідори						
без гною	2,6	3,2	3,2	3,4	3,4	2,6
з гноем 40 т/га	1,8	2,5	2,5	2,6	2,6	2,0
» 60 т/га	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,8

Культура	Полісся			Лісостеп		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Баштанні продовольчі	—	—	—	2,3	3,0	3,0
Плодово-багаторічні насадження	7,2	6,6	7,0	7,2	6,6	7,0
Ягідні	9,3	8,5	7,7	5,8	5,0	7,9
Суниця	16,0	11,0	11,0	16,0	11,0	11,0
Хміль	2,3	2,2	3,1	1,7	1,7	2,2
Кормові буряки						
без гною	3,0	2,8	3,2	3,2	2,6	3,0
з гноєм 20 т/га	2,5	2,5	2,8	2,7	2,3	2,8
» 40 т/га	2,0	1,8	2,0	2,2	1,9	2,2
» 60 т/га	1,5	1,2	1,5	1,7	1,6	1,7
Кукурудза на силос						
без гною	3,3	2,5	2,6	2,6	2,0	2,1
з гноєм 20 т/га	2,3	1,8	2,0	2,2	1,7	1,7
» 40 т/га	1,3	1,2	1,0	1,3	1,0	1,0
» 60 т/га	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4
Озимі зернові на зелений корм	4,0	2,2	3,0	3,6	1,8	1,8
Горохово-вівсяна, вико-вівсяна сумішки на зелений корм	3,3	2,5	3,3	2,9	1,9	1,9
Редька олійна (зелена маса)	3,6	1,8	1,8	2,2	1,6	1,6
Озимий ріпак (зелена маса)	4,6	2,7	4,1	3,8	2,3	2,3
Ярий ріпак (зелена маса)	4,5	2,2	3,0	3,2	1,6	1,6
Люпин (зелена маса)	—	2,3	3,0	—	—	—
Кормова капуста	4,8	2,4	3,6	3,4	1,7	2,6
Топінамбур (зелена маса)	2,1	3,1	1,7	1,9	1,1	1,2
Сильфій (зелена маса)	2,0	1,3	1,7	1,6	1,1	1,3
Однорічні трави (сіно)						
без гною	20	15	17	17	9	9
з гноєм 20 т/га	8	7	0	5	0	0
Багаторічні злакові трави (зелена маса)	2,1	1,3	1,7	2,4	1,2	1,8
Багаторічні трави бобово-злакові (сіно)	9,8	10,7	12,4	7,1	10,1	9,8
Сіножаті і пасовища (суха маса)	22,1	11,0	14,1	22,2	11,0	14,1
Сіножаті і пасовища (сіно)	15,8	10,0	10,9	20,2	13,4	13,4
Сіножаті поліпшені (сіно)	17,3	8,9	13,5	16,8	8,9	11,8
Пасовища культурні (суха маса)	32,8	11,4	11,6	30,3	14,8	14,6
Сіножаті і пасовища в умовах зрошення	25,2	6,7	14,4	24,4	6,1	8,1

Нормативи витрат підстилкового гною на 1 т основної продукції, т  
(Е. Г. Дегодюк)

Культура	Полісся			Лісостеп		
	Роки					
	сприятливі	посушливі	перезволожені, холодні	сприятливі	посушливі	перезволожені, холодні
Озима пшениця	6,0	9,0	9,0	6,0	9,0	8,0
Ярі зернові	6,0	11,0	10,0	6,0	12,0	9,0
Кукурудза на зерно	6,7	6,9	6,0	6,0	6,8	5,7
на силос	1,0	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9
Зелена маса однорічних трав	1,2	1,6	1,4	0,9	1,4	1,1
Цукрові і кормові буряки	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3
Зелена маса багаторічних трав	1,0	1,3	1,3	0,9	1,2	0,9
Картопля	3,0	3,2	3,0	2,5	3,0	2,6
Помідори	1,3	1,3	1,2	1,2	1,3	1,1
Огірки	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4

Додаток 11

Орієнтовні поправкові коефіцієнти до норм добрив для рослин з різним ступенем забезпеченості поживними речовинами ґрунту  
(дані наукових установ України)

Культура	Ступінь забезпеченості					
	дуже низький	низький	середній	підвищений	високий	дуже високий
<i>Азотні добрива</i>						
Просапні і зернові	1,3–1,5	1,2	1,0	0,7	0,5	—
Зернобобові і багаторічні трави	0,6	0,5	0,4	0,2	—	—
<i>Фосфорні добрива</i>						
Зернові	1,3–1,5	1,0	1,0	0,7	0,6	—
Зернобобові і багаторічні трави	1,3–1,5	1,0	0,8	0,6	0,6	—
Просапні	1,3–1,5	1,3	1,0	0,7	0,6	—
Овочеві	1,3–1,5	1,3	1,0	0,8	0,6	—

Культура	Ступінь забезпеченості					
	дуже низький	низький	середній	підвищений	високий	дуже високий
Льон	1,3–1,5	1,0	0,7	0,5	0,3	–
<i>Калійні добрива</i>						
Зернові	1,3–1,5	1,1	1,0	0,8	0,5	–
Зернобобові і багаторічні трави	1,3–1,5	1,3	1,0	0,8	0,6	–
Просапні	1,3–1,5	1,3	1,0	0,8	0,5	–
Овочеві	1,3–1,5	1,2	1,0	0,9	0,8	–
Льон	1,3–1,5	1,3	1,0	0,8	0,7	–

Додаток 12

## Коефіцієнт гуміфікації рослинних решток і органічних добрив

Рослинні рештки і органічні добрива	Коефіцієнт гуміфікації
Зернові, зернобобові, багаторічні і одно-річні трави, льон	0,25
Кукурудза та інші силосні культури	0,15
Картопля, овочі, коренеплоди	0,08
Солома на удобрення	0,25
Органічні добрива	
Лісостеп, Степ	0,075–0,08
Полісся	0,065–0,07

Додаток 13

## Мінералізація гумусу для середньосуглинкових ґрунтів під сільськогосподарськими культурами (дані наукових установ України)

Культура	Мінералізація гумусу, т/га
Озимі зернові	0,7
Ячмінь	0,6
Горox	1,0
Кукурудза	1,0
Пар чистий	1,5
Буряки	1,5

Культура	Мінералізація гумусу, т/га
Соняшник	1,0
Картопля і овочі	1,2
Однорічні трави	0,8
Багаторічні трави	0,3

Примітка. На гранулометричний склад ґрунтів вводиться поправковий коефіцієнт: важкосуглинкові і глинисті ґрунти – 0,8, легкосуглинкові – 1,2, супіщані – 1,4, піщані – 1,8.

Коефіцієнти змиву: пар – 1, просапні – 0,08, суцільного посіву – 0,28.

Змив ґрунту: слабкозмиті – 5 т/га, середньозмиті – 15, сильнозмиті – 25 т/га.

Полісся: вимивання гумусу – 0,08 т/га.

Щільність складення: піщані, супіщані – 1,50, легкосуглинкові (Полісся) – 1,35, легкосуглинкові (Лісостеп) – 1,20 г/см³.

Додаток 14

## Екологічно безпечні максимальні річні норми внесення мінерального азоту під сільськогосподарські культури, кг/га діючої речовини (дані наукових установ України)

Культура	Полісся	Лісостеп центральний	Лісостеп східний
Багаторічні трави, соняшник, гречка, просо	70 – 80	70 – 80	60 – 70
Озиме жито, ячмінь, овес, буряки столові	100–110	100–120	100
Однорічні трави, картопля, кукурудза на силос, огірки, морква, цибуля	120	120–140	110
Озима пшениця	140	140	130
Кукурудза на зерно, сіножаті, помідори, капуста	150	150	120–140
Цукрові буряки	160	160	145
Кормові буряки	180	180	165
Культурні пасовища	250	300	160

Додаток 15

## Вихід поживних і кореневих решток залежно від урожайності основної продукції

Культура	Коефіцієнт виходу
Озимі зернові	1,1
Ячмінь	0,9
Овес	1,1

Культура	Коефіцієнт виходу
Просо	1,0
Кукурудза на зерно	0,8
Горох	0,8
Соняшник	1,0
Буряки	0,04
Картопля, овочі	0,06
Кукурудза на силос	0,16
Однорічні трави на сіно	0,8
Багаторічні трави на сіно	1,5
Однорічні і багаторічні трави на зелений корм	0,2

Додаток 16

Вміст енергії в урожаї сільськогосподарських культур  
і значення коефіцієнта перерахунку продукції на суху речовину

Культура	Коефіцієнт перерахунку продукції на суху речовину, од.*	Вміст загальної енергії в 1 кг, МДж**	
		сухої речовини	урожаю
Пшениця (зерно)			
озима	0,86	19,13	16,45
м'яка яра	0,86	19,31	16,61
тверда яра	0,86	19,49	16,76
Жито (зерно)	0,86	19,49	16,76
Ячмінь (зерно)	0,86	19,13	16,45
Овес (зерно)	0,86	18,80	16,17
Просо (зерно)	0,86	19,70	16,94
Гречка (зерно)	0,86	19,38	16,67
Рис (зерно)	0,86	18,59	15,90
Квасоля (зерно)	0,86	20,68	17,78
Горох (зерно)	0,86	20,57	17,69
Сорго (зерно)	0,86	18,34	15,57
Кукурудза			
зерно	0,86	17,60	15,14
зелена маса	0,25	16,39	4,10
Льон-довгунець			
волокно	0,89	20,24	18,01
насіння	0,88	23,50	20,68
Цукрові буряки	0,14	18,26	2,58
Соняшник			
насіння	0,92	19,38	17,83
зелена маса	0,25	16,80	4,20
Соя (зерно)	0,88	20,57	18,10
Картопля	0,20	18,29	3,66
Баштанні	0,11	14,90	1,94

Культура	Коефіцієнт перерахунку продукції на суху речовину, од.*	Вміст загальної енергії в 1 кг, МДж**	
		сухої речовини	урожаю
Овочеві	0,10	14,36	1,44
Кормові коренеплоди	0,25	16,39	4,10
Багаторічні трави (сіно)	0,20	18,91	3,78
Люцерна (сіно)	0,25	21,83	5,46
Однорічні трави (сіно)	0,20	16,39	3,28
Лучно-пасовищні трави (сіно)	0,20	16,19	3,24
Зернофуражні культури на зелений корм (у перерахунку на сіно)	0,30	15,40	4,62
Тютюн (махорка)	0,45	20,20	9,09
Коноплі			
волокно	0,90	19,60	17,84
насіння	0,88	21,00	18,48

Примітки: \* Дані І. С. Шатилова, М. К. Каюмова.

\*\* Дані наведені в умовній стандартній вологості (технічні вимоги).

1. *Агрохімія* / Под ред. Б. А. Ягодина. – М.: Колос, 1989. – 639 с.
2. *Андреев Н. Г.* Луговое хозяйство. – М.: Колос, 1981. – 383 с.
3. *Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва* / За ред. Е. Г. Дегодюка. – К.: Урожай, 1992. – 320 с.
4. *Городний Н. М.* Агрохімія. – К.: Вища шк., 1994. – 288 с.
5. *Довідник працівника агрохімслужби* / За ред. Б. С. Носка. – К.: Урожай, 1986. – 312 с.
6. *Довідник агронома* / За ред. Л. Л. Зіневича. – К.: Урожай, 1985. – 672 с.
7. *Довідник по удобренню сільськогосподарських культур*. – К.: Урожай, 1987. – 208 с.
8. *Жемела Г. П., Мусатов А. Г.* Агротехнічні основи підвищення якості зерна. – К.: Урожай, 1989. – 160 с.
9. *Комплексное агрохимическое окультуривание полей* / В. М. Бельченко, В. А. Светов, Л. И. Перлов, В. П. Солдатов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 143 с.
10. *Удобрения полевых культур при интенсивных технологиях выращивания* / За ред. А. Я. Буки, Г. Г. Дуда. – К.: Урожай, 1990. – 208 с.
11. *Лисовал А. П., Давиденко У. М., Мойсесенко Б. М.* Агрохімія. Лабораторний практикум. – К.: Вища шк., 1994. – 335 с.
12. *Лисовал А. П.* Методи агрохімічних досліджень. – К., 2001. – 247 с.
13. *Минеев В. Г.* Химизация земледелия и природная среда. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
14. *Минеев В. Г., Павлов А. Н.* Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы. – М.: Колос, 1984. – 286 с.
15. *Мосиук Ф. Е., Лисовал А. П., Власенко Н. Е., Гетьманец А. Я.* Справочник по определению норм удобрений под планируемый урожай. – К.: Урожай, 1989. – 512 с.
16. *Оптимальные параметры плодородия почв* / Под ред. Т. Н. Кулаковской. – М.: Колос, 1984. – 270 с.
17. *Справочник по орошаемому земледелию* / Под ред. В. И. Остапова. – К.: Урожай, 1984. – 192 с.
18. *Церлинг В. В.* Справочник. Диагностика питания сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

<b>1. КОЛОБІГ І БАЛАНС ГОЛОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ. БАЛАНС ГУМУСУ</b>	<b>3</b>
1.1. Статті втрат	6
1.2. Статті надходження	7
1.3. Показники балансу	11
1.4. Баланс гумусу	14
<b>2. СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ</b>	<b>24</b>
2.1. Народного господарського значення сільськогосподарських культур і розподіл добрив між сівозмінами	25
2.2. Біологічні особливості сільськогосподарських культур	25
2.3. Ґрунтово-кліматичні умови	28
2.4. Агротехнічні умови	30
<b>3. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ</b>	<b>34</b>
<b>4. СПОСОБИ ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ</b>	<b>42</b>
4.1. Розкидний спосіб внесення добрив	43
4.2. Локальний спосіб внесення добрив	44
4.3. Строки внесення добрив	45
4.4. Припосівне внесення добрив	46
4.5. Підживлення	47
4.6. Запасне (періодичне) внесення добрив	49
4.7. Застосування добрив з поливною водою	49
<b>5. ОСНОВНІ УМОВИ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ</b>	<b>55</b>
5.1. Кліматичні умови	55
5.2. Ґрунтові умови	57
5.3. Організаційно-господарські і екологічні умови	68
<b>6. ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ҐРУНТІВ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА</b>	<b>71</b>
6.1. Вапнування кислих ґрунтів	72
6.2. Гіпсування засолених ґрунтів	86
<b>7. МЕТОДИ ВСТАНОВЛЕННЯ НОРМ ДОБРІВ</b>	<b>92</b>
7.1. Методи, що ґрунтуються на використанні результатів польових дослідів з добривами	92
7.2. Балансово-розрахункові методи встановлення норм добрив	101
7.3. Комплексні методи визначення норм добрив	105

7.4. Економіко-математичні (емпірико-статистичні) методи встановлення норм добрив	108	14. ПЛАН УДОБРЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНАХ	258
8. ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ І УДОБРЕННЯ ОСНОВНИХ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР	111	15. ВИКОРИСТАННЯ ДОБРІВ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	267
8.1. Живлення і удобрення озимої пшениці	111	15.1. Вплив добрив на літосферу	268
8.2. Живлення і удобрення рису	123	15.2. Заходи для зменшення токсичності й надходження в ґрунт важких металів	274
8.3. Живлення і удобрення кукурудзи	131	15.3. Вплив добрив на гідросферу	276
8.4. Живлення і удобрення ячменю	137	15.4. Вплив добрив на атмосферу	281
8.5. Живлення і удобрення гречки	140	15.5. Вплив добрив на флору і фауну	282
8.6. Живлення і удобрення сої	143	16. АГРОХІМІЧНА СЛУЖБА, АГРОХІМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ОБСЛУГОВУВАННЯ	286
8.7. Живлення і удобрення гороху	152	17. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДОБРІВ	292
8.8. Живлення і удобрення цукрових буряків	155	<i>Додатки</i>	300
8.9. Живлення і удобрення картоплі	161	<i>Список рекомендованої літератури</i>	314
8.10. Живлення і удобрення льону-довгунця	166		
8.11. Живлення і удобрення соняшнику	171		
8.12. Живлення і удобрення люпину	175		
8.13. Живлення і удобрення конюшини	180		
9. СИСТЕМА УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНАХ	186		
9.1. Полісся і низинні райони Карпат	186		
9.2. Лісостеп	193		
9.3. Степ	200		
9.4. Гірські і передгірські райони Карпат і Криму	207		
10. СИСТЕМА УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР У СІВОЗМІНАХ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ	210		
10.1. Застосування добрив у Лісостепу в умовах зрошення	214		
10.2. Застосування добрив у Степу в умовах зрошення	215		
11. УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР ОВОЧЕВОЇ СІВОЗМІНИ	218		
11.1. Застосування добрив для вирощування розсади	221		
11.2. Застосування добрив в овочевій сівозміні в умовах зрошення	225		
12. УДОБРЕННЯ ПЛОДОВИХ І ЯГІДНИХ КУЛЬТУР, ВИНОГРАДНИКІВ	227		
12.1. Застосування добрив у шкільці сіянців і плодородсаднику	229		
12.2. Застосування добрив перед закладанням саду	230		
12.3. Удобрення молодого саду	233		
12.4. Удобрення плодоносного саду	234		
12.5. Удобрення ягідників	236		
12.6. Удобрення виноградарників	237		
13. УДОБРЕННЯ ЛУК І ПАСОВИЩ	246		
13.1. Удобрення природних сінокосів і лук	251		
13.2. Удобрення гірських сінокосів і пасовищ	256		
13.3. Удобрення насінників трав	256		
13.4. Ботанічний склад і якість трав	256		

Навчальне видання

*Лісовал Анатолій Петрович  
Макаренко Віктор Михайлович  
Кравченко Станіслав Миколайович*

# **СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ**

Оправа і титул художника *Ж. Б. Цимовської*  
Художній редактор *Г. С. Муратова*  
Технічний редактор *А. І. Омоховська*  
Коректори: *Л. М. Тимченко, Н. І. Шевчук*  
Комп'ютерна верстка *Н. П. Довлетукаєвої*

Свідомство про внесення до Держ. реєстру від 04.12.2000 серія ДК № 268

Підп. до друку 13.05. 2002. Формат 84 × 108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Папір офс. № 1. Гарнітура Times New Roman. Офс. друк. Ум. друк. арк. 16,80.

Обл.-вид. арк. 19,90. Тираж 1000 пр. Вид. № 9955. Зам. № 2-2993

Видавництво «Вища школа», 01054, Київ-54, вул. Гоголівська, 7г

Надруковано з плівок, виготовлених у видавництві «Вища школа», у ЗАТ «ВІПОЛ» ДК № 15, 03151, Київ-151, вул. Волинська, 60