

**Г. М. ГОСПОДАРЕНКО**

# **АГРОХІМІЯ**

## **ПІДРУЧНИК**

**Затверджено Міністерством аграрної політики та продовольства України  
як підручник для студентів аграрних вищих навчальних закладів  
І–ІІ рівнів акредитації зі спеціальностей 5.09010103 “Виробництво і  
переробка продукції рослинництва” та 5.09010102 “Організація і  
технологія ведення фермерського господарства”**

**Київ  
Аграрна освіта  
2013**

**УДК 631.8 (075.8)**

**ББК 40.4я73**

**Г 722**

*Гриф надано Міністерством аграрної  
політики та продовольства України  
(лист № 37-128-13/19304 від  
16.10.2012 р.)*

**Р е ц е н з е н т и :**

**Копитко П.Г.**, доктор сільськогосподарських наук, професор  
Уманського національного університету садівництва;

**Білоцерківець Т.Б.**, викладач Іллінецького державного аграрного  
коледжу;

**Вишневський Б.С.**, викладач Коледжу Подільського ДАТУ

**Господаренко Г. М.**

**Г 722** Агрохімія: підручник /Г.М. Господаренко. – К.: Аграрна  
освіта, 2013. – 406 с.

ISBN 978-966-669-317-7

Висвітлено теоретичні основи живлення рослин, наведено характеристики та способи використання органічних і мінеральних добрив, хімічних меліорантів і бактеріальних препаратів, досягнення агрохімії з оптимізації агрохімічних параметрів показників родючості ґрунту, системи застосування добрив у сівозмінах й удобрення польових, овочевих, плодових та інших сільськогосподарських культур. Розглянуто екологічні аспекти агрохімії та особливості проведення агрохімічних досліджень.

Рекомендовано для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня “молодший спеціаліст” за спеціальностями 5.09010103 “Виробництво і переробка продукції рослинництва” та 5.09010102 “Організація і технологія ведення фермерського господарства” у вищих навчальних закладах I–II рівнів акредитації.

**УДК 631.8 (075.8)**

**ББК 40.4я73**

**ISBN 978-966-669-317-7**

**© Г.М. Господаренко, 2013 р.**

---

---

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>6</b>
<b>АГРОХІМІЯ – ОСНОВА РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ .....</b>	<b>21</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН .....</b>	<b>22</b>
1.1. Хімічний склад рослин .....	23
1.2. Надходження елементів живлення в рослини .....	25
1.3. Вплив умов зовнішнього середовища на засвоєння елементів живлення рослинами .....	33
1.4. Засвоєння елементів живлення рослинами у різні періоди вегетації .....	39
<b>РОЗДІЛ 2. ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ҐРУНТІВ .....</b>	<b>43</b>
2.1. Відношення сільськогосподарських культур до реакції ґрунту .....	44
2.2. Значення кальцію й магнію для ґрунту і живлення рослин ..	47
2.3. Визначення потреби, норм і місця проведення вапнування в агроценозах .....	53
2.4. Вапняні добрива .....	59
2.5. Ефективність вапнування ґрунтів .....	62
2.6. Гіпсування солонцюватих і солончакуватих ґрунтів .....	64
<b>РОЗДІЛ 3. МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА, ЇХ ВЛАСТИВОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ .....</b>	<b>69</b>
3.1. Класифікація агрохімічних засобів .....	69
3.2. Азот і азотні добрива .....	74
3.2.1. Особливості живлення рослин азотом .....	74
3.2.2. Азотний фонд ґрунту .....	78
3.2.3. Колообіг азоту в природі .....	84
3.2.4. Форми азотних добрив .....	89
3.2.5. Особливості застосування азотних добрив .....	100
3.3. Фосфор і фосфорні добрива .....	107
3.3.1. Особливості живлення рослин фосфором .....	107
3.3.2. Фосфатний фонд ґрунту .....	110
3.3.3. Колообіг фосфору в природі .....	116

3.3.4. Форми фосфорних добрив .....	117
3.3.5. Особливості застосування фосфорних добрив .....	121
3.4. Калій і калійні добрива .....	127
3.4.1. Особливості живлення рослин калієм .....	127
3.4.2. Калійний фонд ґрунту .....	130
3.4.3. Колообіг калію в природі .....	134
3.4.4. Форми калійних добрив .....	135
3.4.5. Особливості застосування калійних добрив .....	138
3.5. Сірка і сірчані добрива .....	143
3.6. Комплексні добрива .....	147
3.6.1. Змішані добрива .....	148
3.6.2. Складнозмішані добрива .....	152
3.6.3. Складні добрива .....	153
3.6.4. Рідкі комплексні добрива .....	155
3.7. Мікроелементи і мікродобрива .....	156
3.7.1. Значення мікроелементів для живлення рослин .....	156
3.7.2. Бор .....	160
3.7.3. Марганець .....	162
3.7.4. Мідь .....	165
3.7.5. Цинк .....	167
3.7.6. Молібден .....	170
3.7.7. Залізо .....	171
3.7.8. Особливості застосування мікродобрив .....	174
3.8. Технологія застосування мінеральних добрив .....	180

## **РОЗДІЛ 4. ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА І БАКТЕРІАЛЬНІ**

<b>ПРЕПАРАТИ</b> .....	194
4.1. Підстилковий гній .....	196
4.2. Безпідстилковий гній .....	205
4.3. Пташиний послід .....	209
4.4. Торф .....	211
4.5. Солома .....	213
4.6. Сапропель .....	217
4.7. Компости .....	218
4.8. Зелені добрива .....	222
4.9. Бактеріальні препарати .....	226

<b>РОЗДІЛ 5. СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ</b> .....	234
5.1. Принципи складання систем удобрення .....	234
5.2. Особливості зональних систем удобрення .....	237
5.3. Фактори, які враховують під час складання системи удобрення .....	241
5.4. Визначення норм добрив .....	258
5.5. Методика складання річних і календарних планів застосування добрив .....	272
<b>РОЗДІЛ 6. УДОБРЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР</b> .....	279
6.1. Удобрення пшениці озимої .....	279
6.2. Удобрення ярих зернових культур .....	287
6.3. Удобрення зернобобових культур .....	291
6.4. Удобрення кукурудзи .....	297
6.5. Удобрення буряку цукрового .....	302
6.6. Удобрення соняшнику .....	307
6.7. Удобрення картоплі .....	310
6.8. Удобрення ріпаку .....	315
6.9. Удобрення овочевих культур .....	318
6.10. Удобрення плодових і ягідних культур та винограду .....	332
6.11. Особливості системи удобрення культур в умовах зрошення.....	350
6.12. Особливості системи удобрення культур у захищеному грунті .....	360
<b>РОЗДІЛ 7. АГРОХІМІЯ І ЕКОЛОГІЯ</b> .....	371
7.1. Агрохімічний сервіс.....	371
7.2. Добрива і навколишнє природне середовище.....	378
<b>Література</b> .....	394
<b>Іменний показник</b> .....	396
<b>Предметний показник</b> .....	397

---

---

## ВСТУП

Сучасна агросфера для підвищення виробництва продуктів харчування використовує три способи: додаткове розорювання земель; підвищення врожаю за допомогою використання добрив і пестицидів та застосування гідромеліорації; впровадження нових культур, їх сортів і гібридів та порід худоби, використання бактеріальних препаратів, отриманих методами генної інженерії. Проте частина цих факторів нині вже обмежена. Крім того, у світі щорічно через недосконалу агротехніку втрачається близько 10 млн га землі.

Ключовою ланкою аграрного виробництва є ґрунт. Відомий німецький учений Юстус Лібіх (1840), аналізуючи розвиток сільського господарства, зазначав: “Причина виникнення і занепаду націй полягає в одному і тому самому. Розкрадання родючості ґрунту зумовлює їхню загибель, підтримання цієї родючості – їхнє життя, багатство і могутність”.

Україна здавна відома як один з найбільших виробників сільськогосподарської продукції, що пояснюється досить сприятливими природно-кліматичними умовами, багатими ресурсами орних земель, серед яких значну частину (60,6%) займають чорноземи. Займаючи приблизно 6% площі Європи, вона має в розпорядженні не менше третини її потенціальних біоресурсів. На території України виникла славнозвісна трипільська хліборобська культура. Народ України упродовж тисячоліть історичного формування нації пройшов тяжкий шлях, на якому були не лише штучно створені голодомори, а й величезні досягнення, які прославили країну як “хлібний кошик” Європи.

Відомо, що потенціал виробництва продукції рослинництва можна реалізувати лише завдяки високій родючості ґрунтів та поліпшення їх функціональних властивостей. Відтворення родючості ґрунтів – один з основних важелів підвищення врожаю сільськогосподарських культур та продуктивності агроєкосистеми загалом. Світовий досвід переконливо

---

---

доводить, що другим за важливістю фактором для сільськогосподарського виробництва є добрива.

Застосування добрив дає змогу значно ослабити вплив несприятливих погодних умов, підвищити культуру землеробства, врожайність і якість продукції рослинництва.

Найважливіші завдання агрохімії – створення оптимальних умов живлення рослин для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і родючості ґрунту внесенням мінеральних добрив, вапнуванням і гіпсуванням та повторним задіянням у біологічному колообігу вже використаних рослинами елементів живлення, які перейшли в гній та інші органічні добрива.

Вивчення процесів живлення рослин і взаємодії рослин, ґрунту і добрив та погодних умов – це теоретичні основи агрохімії. Важливо навчитись керувати процесом формування врожаю та його якістю, забезпечуючи оптимальне живлення рослин упродовж вегетації та застосовуючи методи ґрунтової і рослинної діагностики. За влучним висловом відомого агрохіміка Д. М. Прянишникова, надлишком добрив не можна замінити нестачу знань. Тому знання взаємодії між кореневою системою рослин, ґрунтом, його мікрофлорою, добривами та свідоме врахування цих процесів на практиці сприяє підвищенню родючості ґрунтів, збереженню енергоресурсів та охороні довкілля.

### **Історія розвитку агрохімічних знань**

Агрохімія та інші науки з'явилася, щоб дати відповідь на питання, які виникають у процесі практичної діяльності людини. Ще за часів античної Греції було відомо, що для життя рослин потрібні вода, ґрунт і повітря. У хліборобстві Римської імперії застосовували гній, зелені добрива, вапно, гіпс, попіл, хоча значення їх було невідоме. Чому гній підвищує врожай? Один з перших це спробував пояснити французький художник і

---

---

природознавець Б.Паліссі. У 1563 р. він писав, що “сіль є основою життя і росту всіх посівів”. Гній, вважав він, має солі, які утворюються під час розкладання сіна і соломи. Лише через 300 років точними дослідями було доведено причини збіднення ґрунту і потреба повернення в ґрунт зольних речовин у вигляді добрив.

Пізніше німецький хімік І.Р.Глаубер (1604–1668) висунув гіпотезу, що основним фактором дії гною є селітра, яку до того часу вже давно отримували із гною для виготовлення пороху. Проте дію селітри було пояснено лише після відкриття азоту, тобто через 100 років. На жаль, погляди Паліссі і Глаубера в той час належно не оцінили.

На Заході тривалий час панувала помилкова “гумусова теорія” живлення рослин, висунута в 1761 р. шведським ученим Ю.Г.Валлеріусом і широко розрекламована німецьким ученим-агрономом А.Теером (1752–1828). Згідно з нею, гумус є єдиним джерелом елементів живлення для рослин, а мінеральні речовини лише сприяють його перетворенню на засвоювані форми.

Лише в 1804 р. швейцарський вчений Н.Т.Соссюр довів, що джерелом мінеральних речовин для живлення рослин є ґрунт, а джерелом вуглецю – вуглекислий газ атмосфери. Німецький учений Карл Шпренгель (1787–1859) у своїй книзі “Вчення про добрива” фактично “розгромив” гумусову теорію. Проте остаточного краху ця теорія зазнала після виходу в світ знаменитої книги Юстуса Лібіха (1803–1873) “Органічна хімія до агрокультури і фізіології” (*Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur and Physiologie*) (1840). Ця книга зробила переворот у науці та практиці. Вперше було сформульовано теорію мінерального живлення рослин, основне положення якої – рослини засвоюють лише неорганічні речовини, а гумус є джерелом вуглецю в ґрунті. Різні рослини засвоюють з ґрунту неоднакову кількість елементів живлення, тобто збіднюють ґрунт у різних напрямках. Тому сівозміна лише



---

---

уповільнює процес збіднення, яке рано чи пізно настає, якщо не повертати в ґрунт елементи живлення, які відчужуються з урожаєм. Якщо господарство продає зерно, то в його землеробстві буде дефіцит фосфору. Солому і сіно використовують на корм худобі. Тому при внесенні лише гною ґрунт недотримує ті елементи, які були вивезені за межі господарства і, насамперед, фосфору. Ю.Лібих запропонував виготовляти фосфорні добрива, обробляючи розмелені кістки сірчаною кислотою. Він постійно рекомендував вносити в ґрунт, у першу чергу, ті елементи, які знаходяться в мінімумі. За Лібихом, приріст врожаю залежить від внесення елемента живлення, вміст якого в ґрунті знаходиться в мінімумі (пізніше це правило назвали законом мінімуму). У 1855 р. в книзі “55 тез” Лібих зазначив незамінність елементів живлення для рослин: якщо в ґрунті мало фосфору, то внесення лише азоту і калію не створює оптимальних умов живлення.

Теорія Лібиха про мінеральне живлення рослин мала велике значення у розвитку агрохімічних знань. У багатьох країнах розгорнулися агрохімічні дослідження, розпочалося будівництво заводів з виробництва мінеральних добрив та їх застосування.

Значний внесок у науку про живлення рослин вніс німецький агрохімік Г.Гельрігель. У 1886 р. він опублікував власну працю про засвоєння азоту бобовими культурами з повітря. Проте бульбочкові бактерії на кореневій системі бобових виявив ще в 1865 р. ботанік і міколог М.С.Воронін.

У другій половині XIX ст. в Російській імперії розгортаються широкі наукові дослідження із застосування добрив і живлення рослин. Особливо важливе значення мали дослідження О.М. Енгельгардта, Д.І. Менделєєва, П.А. Костичева, К.А. Тимирязєва.

Велика організаторська і наукова робота з вивчення взаємодії рослин, ґрунту і добрив у Росії пов'язана з діяльністю Д.М.Прянишникова (1865–1948). Він обґрунтував теорію

---

---

аміачного і нітратного живлення рослин, розробив рекомендації відносно застосування аміачних добрив. Ним проведено класичні дослідження з азотного обміну рослин. Слід зазначити, що немає того напрямку в агрохімії, в якому б не брав участь Д.М.Прянишников.

Значний внесок у розвиток агрохімії також зробили О. Н. Лебедянцев, Д. А. Сабінін, Ф. В. Турчин, О. К. Кедров-Зіхман, О. В. Петербурзький, Т. Н. Кулаковська, В. М. Ключковський, Я. В. Пейве, Н. С. Авдонін, А. В. Соколов, С. І. Вольфович, З. І. Журбицький та ін.

Дослідження з вивчення умов росту й розвитку рослин в Україні розпочалися в XVIII ст., коли було організовано так звані “аптекарські городи” та акліматизаційні сади.

У 1844 р. було створено Головне училище садівництва Росії (нині – Уманський національний університет садівництва). Тут було організовано дослідне поле для вивчення сівозмін, агротехніки вирощування різних культур, перевірки сільськогосподарських знарядь, а також різних засобів удобрення.

У 1881–1902 рр. під керівництвом активного організатора дослідної справи, професора Харківського університету А. Є. Зайкевича (1842–1931) було організовано 37 дослідних полів, що мало велике значення для розвитку агрохімічних досліджень в Україні. Він одним з перших встановив, що чорноземи, незважаючи на високий вміст гумусу добре реагують на внесення мінеральних добрив. Він перший запропонував вносити в рядки під час сівби буряку цукрового добрива, вивчав залежність врожаю від сортів, обробітку ґрунту та інших факторів. Організовані А. Є. Зайкевичем деякі дослідні поля, але вже в іншому статусі, діють і нині. Так, Полтавське дослідне поле (нині – Інститут агропромислового виробництва) було створено в 1864 р.

На початку XX ст. в Україні організовано нові дослідні установи, в програмі досліджень яких важливе місце займали питання ґрунтознавства та агрохімії.

---

---

Значний внесок у розвиток агрохімічної науки в Україні в минулому столітті зробили Б.М.Рожественський, М.А.Єгоров, Е.П.Вотчал, К.Д.Глінка, К.К.Гедройц, О.Н.Соколовський, П.О.Дмитренко, О.І.Душечкін, П.А.Власюк, О.М.Грінченко, Г.С.Гринь, Т.Т.Демиденко, М.К.Крупський, О.М.Можейко, А.В.Манорик, І.Л.Колоша, Ф.П.Макців, С.С.Рубін, М.Г.Холодний, М.М.Шкварук, П.Д.Попович, П.О.Горшков, К.П.Афендулов, П.А.Гірко, О.М.Вишенський, О.В.Лазурський та ін.

За останні десятиріччя агрохімія досягла значних успіхів у вивченні взаємодії рослин, ґрунту і добрив. Дослідження збагатили новими даними теорію і практику надходження та перетворення в рослинах сполук елементів живлення, науку про родючість ґрунту, про колообіг речовин в агробіоценозах. Ці дані є науковою основою планування потреб регіонів та областей в добривах, їх асортименту, а також будівництва тукових заводів, складських приміщень, механізації внесення. Дослідження тривають й нині для вивчення перспективних форм добрив, строків і способів їх внесення, вдосконалення методів ґрунтової і рослинної діагностики живлення рослин та розрахунку норм добрив з метою підвищення їх окупності й запобігання забрудненню довкілля.

Наука агрохімія використовує та узагальнює результати досліджень наукових установ стосовно питань застосування добрив і хімічної меліорації ґрунтів. Провідною науковою установою з цих питань є Національний науковий центр “Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського” НААН України. Великий обсяг із досліджень з вищезазначених питань проводять учені інших науково-дослідних інститутів з мережею своїх дослідних станцій, вищі навчальні аграрні заклади та ін.

Крім того, в кожній області є інститути агропромислового виробництва або обласні сільськогосподарські дослідні станції, які проводять дослідження з різних питань аграрного виробництва, зокрема застосування добрив.

---

---

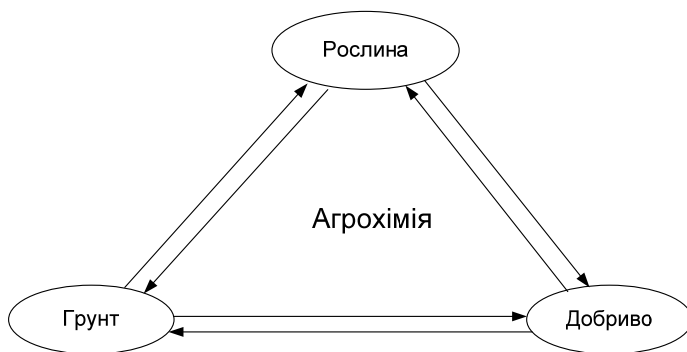
У кожній області під методичним керівництвом Державного технологічного центру охорони родючості ґрунтів Міністерства аграрної політики та продовольства України діють обласні державні проектно-технологічні центри охорони родючості ґрунтів та якості продукції «Облдержродючість», які проводять обстеження ґрунтів господарств, організовують проведення польових дослідів з добривами, надають відповідні рекомендації відносно застосування добрив. Агрохімічна служба є ланкою, що поєднує науку з виробництвом, забезпечує впровадження наукових розробок у виробництво.

### Предмет і методи агрохімії

**Агрохімія (агрономічна хімія)** – наука про оптимізацію живлення рослин, застосування добрив з метою підвищення родючості ґрунтів, збільшення врожаю і поліпшення якості сільськогосподарської продукції.

Вона вивчає взаємодію між рослиною, ґрунтом і добривом у процесі росту й розвитку рослин з урахуванням природно-кліматичних умов та біологічних особливостей сільськогосподарських культур.

Д.М.Прянишников цей взаємозв'язок схематично зобразив у вигляді трикутника (рис. 1). Він писав, що вивчення взаємовідносин між рослинами, ґрунтом і добривами завжди було основним завданням агрохімії.

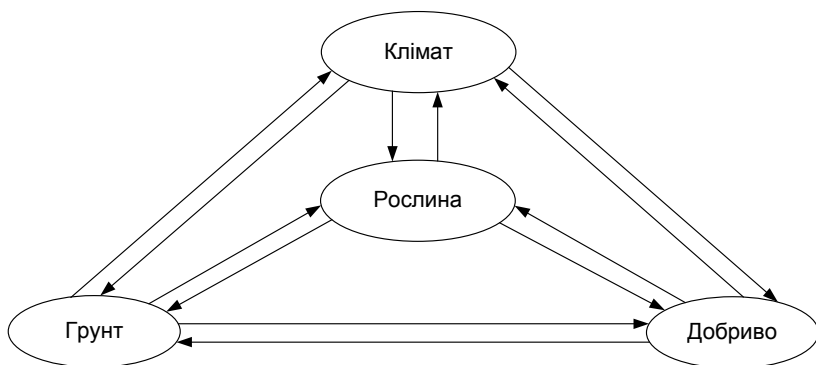


**Рис. 1. Схема взаємодії між рослиною, ґрунтом і добривом  
(трикутник Д. М. Прянишникова)**

Внесені у ґрунт добрива, внаслідок перетворення, виявляють відповідну дію на його фізичні, хімічні й біологічні властивості, після чого змінюється вплив ґрунту на рослину, її живлення, ріст і розвиток, на врожай і його якість, стійкість проти несприятливих умов. Під впливом рослин і внесених добрив змінюються хімічний склад ґрунту і його родючість, відбувається перетворення добрив. Завдання полягає в тому, щоб відшукати найдосконаліші способи живлення рослин і дати практичні рекомендації для сільськогосподарського виробництва.

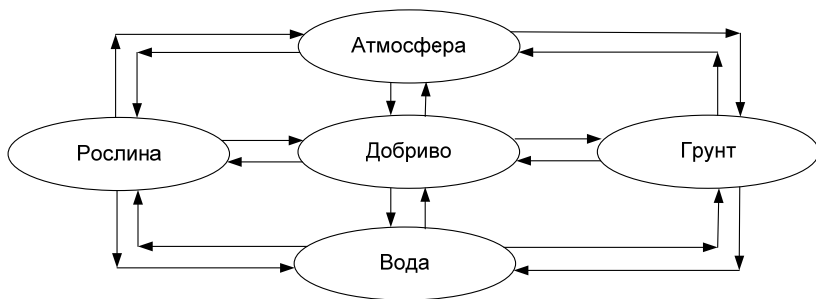
Географічна мережа дослідів з добривами та численні зональні експерименти з уніфікованими методами досліджень дали змогу визначити роль такого фактора, як клімат, діалектичний взаємозв'язок якого виражається схемою, в центрі якої знаходиться рослина (рис. 2).

Застосування добрив – найбільш швидкодiючий засіб втручання людини в колообiг речовин у землеробствi. Воно становить основу застосування засобiв хiмiзацiї, що поряд з комплексною механiзацiєю i мелiорацiєю земель є одним з основних шляхiв iнтенсифiкацiї сiльськогосподарського виробництва та пiдвищення його ефективностi.



**Рис. 2. Взаємозв'язок основних факторів агрохімії**

У сучасних умовах поняття “агрохімія” можна трактувати як науку про живлення рослин і закономірності трансформації добрив у системі ґрунт – рослина – вода – атмосфера з метою максимальної реалізації біологічного потенціалу культур і розширеного відтворення родючості ґрунту (рис. 3).



**Рис. 3. Трансформація добрив у системі ґрунт – рослина – вода – атмосфера**

Агрохімія є одночасно сільськогосподарською, біологічною і хімічною наукою, оскільки рослини – об'єкти сільськогосподарського виробництва. Вона вивчає добрива, їх властивості та

---

---

вплив на врожай і якість сільськогосподарської продукції, а також на довкілля. Агрохіміки розробляють нові форми добрив, норми, строки і способи їх внесення, системи застосування добрив у сівозмінах господарств, удосконалюють методи аналізу рослин, ґрунту і добрив, а також діагностику живлення рослин. Новим технологіям застосування добрив, зазвичай, дають не лише агрохімічну й економічну оцінку. Отже, агрохімія тісно пов'язана з багатьма науками – ґрунтознавством, мікробіологією, землеробством, рослинництвом, економікою екологією тощо.

Основну суть агрохімії, як науки, можна показати у вигляді трьох розділів: хімія рослин, хімія ґрунту, хімія добрив.

Агрохімію не можна паралельно розглядати з ґрунтознавством, фізіологією рослин, землеробством і мікробіологією. Вона одночасно є складовою цих наук, охоплюючи те, що потрібно для дослідження з метою створення оптимальних умов живлення рослин.

Відповідно до мети і завдання агрохімії її методи досліджень поділяються на три групи: лабораторні, фізіолого-агрохімічні і польові досліді, які взаємно доповнюють один одного.

**Лабораторні методи досліджень** передбачають використання хімічних, фізико-хімічних, фізичних і мікробіологічних аналізів рослин, ґрунту і добрив (фотометрія, хроматографія, спектроскопія, рентгенофлуоресцентний, мас-спектроскопія та ін.) Для точніших досліджень використовують метод стабільних і радіоактивних ізотопів. Крім того, розроблено високопродуктивні поточні лінії для одночасного визначення кількох показників, широко застосовують портативні агрохімічні прилади.

До **фізіолого-агрохімічних методів досліджень** належать:

- **вегетаційні** (проводять у спеціальних посудинах, які розміщують у вегетаційних будиночках);

---

---

- *лізіметричні* (застосовують посудини місткістю 1–2 м<sup>3</sup>) – для дослідження міграції і трансформації елементів живлення в ґрунті, проведення балансових експериментів;

- *дослідження у фітотронах*, в яких контролюють всі агрохімічні показники.

До третьої групи належать **польові досліді**:

- *дрібноділянкові досліді* – створюють для перевірки ґрунтів з високою родючістю, вивчення нових форм і видів добрив тощо;

- *короткотермінові досліді* – мають практичний характер. У зв'язку з різними погодними умовами їх повторюють упродовж 3–4 років.

Іноді досліді за однаковою схемою закладають у різних ґрунтово-кліматичних умовах (географічна мережа дослідів) для вивчення форм, строків і способів внесення добрив.

**Тривалі стаціонарні досліді** – дають цінну інформацію про різні системи удобрення, рівні насиченості ґрунту добривами, форми добрив, дають відповіді на питання моніторингу родючості ґрунту.

**Виробничі досліді** – проводять на великих площах у господарствах з метою підготовки практичних рекомендацій.

Для оцінки достовірності лабораторних і біологічних досліджень застосовують економічні й математичні методи.

### **Удобрення – основний фактор підвищення врожаю**

Винесення елементів живлення з ґрунту визначають за їх кількістю, яка відчужена з урожаєм основної і нетоварної продукції з одиниці площі, а повернення елементів живлення в ґрунт – за їх кількістю, яка повертається з добривами, надходить із насінним матеріалом, опадами, в процесі фіксації молекулярного азоту з атмосфери тощо.

Різниця між надходженням і відчуженням елементів живлення в ґрунті – це баланс елементів живлення.



---

---

Сільськогосподарські культури характеризуються різною потребою в елементах живлення, різним їх винесенням із ґрунту з урожаєм. Так, з урожаєм зерна пшениці озимої 5 т/га і з відповідною масою соломи з ґрунту виноситься 150 кг N, 50 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 100 кг K<sub>2</sub>O, з урожаєм картоплі в 30 т/га – 180 кг N, 60 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 240 кг K<sub>2</sub>O. У польовій сівозміні зернобуякового виду за врожайності буряку цукрового 30–40 т/га, пшениці озимої 4–5 т/га в середньому з 1 га щороку виноситься 270 кг NPK, зокрема N – 130, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 40 і K<sub>2</sub>O – 100 кг. У разі вирощування сільськогосподарських культур без застосування добрив ґрунт виснажується, внаслідок чого врожаї з року в рік знижуються.

Вважається, що не менш як 50 % підвищення врожаю в ХХ ст. є наслідком застосування добрив, решта 50 % приросту припадає на інші фактори: агротехніку, сорти, меліорацію тощо.

За узагальненими даними Географічної мережі дослідів, 1 кг азотних добрив підвищує збір зерна пшениці озимої на 4–8 кг, 1 кг фосфорних (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – на 4–7, 1 кг калійних (K<sub>2</sub>O) – на 2–4 кг.

З ростом урожаїв збільшується споживання елементів живлення рослинами, тому чим вища запланована врожайність будь-якої культури, тим більше потрібно вносити добрив. Простежується прямий зв'язок між використанням добрив і врожайністю. Країни, які використовують малі норми добрив, мають також низьку врожайність сільськогосподарських культур. Проте слід враховувати, що врожаї від збільшення норм добрив підвищуються прямо пропорційно лише до певного рівня, за якого досягається найвища оплата одиниці добрив вирощеною сільськогосподарською продукцією.

Отже, основою застосування добрив має бути землеробський закон повернення. У ґрунт мають повертатися елементи живлення, які винесено з урожаєм. Проте цього недостатньо. У ґрунт мають також бути повернені й органічні речовини, що є енергетичним матеріалом для ґрунтових мікроорганізмів, які

сприяють повторному використанню елементів живлення та збереженню агрофізичного стану ґрунту.

На практиці причин низької ефективності застосування добрив багато. Насамперед це незбалансованість елементів живлення у певному асортименті добрив, наявність значної кількості кислих ґрунтів, які потребують вапнування, застосування неякісних органічних добрив, нерівномірність внесення добрив, недостатнє технічне забезпечення, іноді низький рівень вмісту в ґрунті рухомих сполук мікроелементів, наявність факторів, які не піддаються або складно піддаються регулюванню – посуха, перезволоження, сонячна радіація та ін.

Екстенсивне землеробство нездатне екологізувати ситуацію. Воно призводить до розкрадання природної родючості ґрунту та низької продуктивності землі (табл. 1).

Таблиця 1

**Вплив різних факторів на формування врожаю, %  
(В. Ф. Ладонін, 1999)**

Фактор	Землеробство	
	екстенсивне	інтенсивне
Родючість ґрунту	40	10
Погода	20	15
Обробіток ґрунту	20	10
Удобрення	10	30
Сортове насіння	5	30
Захист рослин	5	15
Урожайність, т/га	1,5–2,5	4,0–5,0

Тому потрібно створити гнучку систему застосування сучасних технологій з урахуванням особливостей кожного сорту та поля. Вони потребують чіткої відповіді на питання живлення рослин: коли, де, як і в якій формі чи поєднанні застосовувати добрива.

---

---

## Виробництво добрив і їх ефективність

Вважають, що ХХ ст. було століттям запровадження агро-хімічної науки. Агрохімія отримала небачений за масштабами розвиток і багато в чому сприяла різкому підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур. Слід зазначити, що застосування добрив інтенсивно наростало переважно завдяки використанню фосфорних і калійних добрив, що сприяло значному поліпшенню забезпеченості ґрунтів рухомими сполуками фосфору і калію.

Найбільше добрив (300–500 кг/га) вносять у таких країнах, як Ірландія, Бельгія, Японія, Англія, Колумбія, Франція. Найбільше виробляють і купують добрив Китай і США. У десятку найбільших виробників мінеральних добрив у світі входять також Росія, Білорусь і Україна.

Нині (у зв'язку з економічною та енергетичною кризою) у багатьох країнах з інтенсивним веденням сільського господарства по-новому оцінюють значення використання органічних добрив.

Економічна ефективність застосування добрив насамперед залежить від співвідношення цін на добрива і продукцію рослинництва, що потрібно враховувати під час розрахунку норм добрив.

Окупність добрив залежить від природної родючості ґрунту. Так, на Поліссі з високою вологозабезпеченістю і низькою родючістю ґрунту за врожайності зернових понад 3 т/га завдяки використанню добрив отримують 70–80 % приросту врожаю. У Степу лише 50 % приросту врожаю припадає на добрива, де велике значення належить заходам накопичення та економнішого використання вологи, підбору посухостійкого сорту тощо.

Одночасне внесення азотних, фосфорних і калійних добрив значно підвищує їх ефективність, порівняно з окремим внесенням, або парних їх комбінацій. Проте на ефективність добрив значно впливає кислотність ґрунту. Тому без проведення їх вапнування застосування добрив малоефективне.

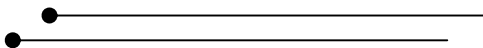
---

---

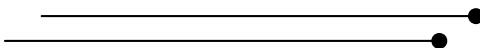
Вартість продукції має окупляти витрати на добриво. Практичний досвід доводить, що для підвищення врожайності потрібно повертати азот і калій винесений з урожаєм не менш ніж на 80 %, а фосфор – на 100 % і більше. Недостатнє нині застосування органічних добрив – основна причина різкого дефіцитного балансу елементів живлення.

### **? Питання для самоконтролю**

1. Роль українських учених у розвитку агрохімії.
2. Яка роль закордонних учених у розвитку агрохімії і в чому її суть?
3. Історія сучасної агрохімії.
4. Що вивчає агрохімія? Назвіть методи агрохімічних досліджень.
5. Значення і застосування добрив у світі та в Україні.



# **АГРОХІМІЯ – ОСНОВА РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ**

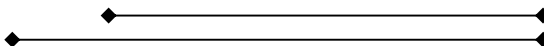


---

---

## Розділ 1

# ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН



**Живлення** – це обмін речовин між рослиною і довкіллям, перехід речовин з ґрунту і повітря в рослину до складу органічних сполук, які синтезуються в рослинному організмі, та виведення їх частини з нього.

Завдяки повітряному живленню рослини, порівняно з кореневим живленням, зазвичай, рівномірно забезпечуються вуглекислим газом ( $\text{CO}_2$ ). Для фотосинтезу потрібні світло, волога, забезпеченість мінеральними елементами. Цими факторами та біологічними особливостями культур і визначається його інтенсивність.

Кореневе живлення залежить не лише від біологічних особливостей культур і забезпечення продуктами фотосинтезу, а й від інтенсивності росту кореневої системи, структури і вологості ґрунту, його реакції, вмісту та співвідношення рухомих сполук елементів живлення, діяльності ґрунтової біоти, корневих виділень тощо.

---

---

## 1.1. ХІМІЧНИЙ СКЛАД РОСЛИН

**Хімічний склад рослин** – це вміст у них органічних і мінеральних речовин та деяких хімічних елементів. Його, зазвичай, виражають у відсотках від маси сухих речовин (іноді маси всієї рослини у свіжому стані – “сирої маси”).

Більшість сільськогосподарських культур у вегетативних органах містить 5–15 % сухих речовин, решта (85–95 %) – вода. У дозрілому насінні сухі речовини займають 85–90 %.

У зеленій масі злакових, бобових та інших культур значну частку займає вода – 75–85 %. Коренеплоди буряку і бульби картоплі містять 85–90 % води, капусти – 90–93, плоди помідора та огірка – 92–96 %.

У складі сухої речовини рослин 90–95 % становлять органічні сполуки, які в рослинах представлено білками та іншими азотистими сполуками, жирами, крохмалем, цукрами, клітковиною, пектиновими речовинами.

Якість сільськогосподарської продукції визначається вмістом органічних і мінеральних сполук. Так, якість зернових культур залежить від кількості білка і крохмалю, хлібопекарські якості зерна пшениці – від кількості та якості клейковини. У бобових міститься менше крохмалю, але більше білка. Насіння олійних культур оцінюють за вмістом жирів, а їх якість, у свою чергу, залежить від співвідношення в них насичених і ненасичених жирних кислот.

На якість і кількість органічних речовин у рослинах значно впливають умови живлення. Достатня кількість азоту й сірки в ґрунті сприяє утворенню в рослинах білків. Оптимальне фосфорне і калійне живлення зумовлює накопиченню вуглеводів – цукрів, крохмалю, клітковини, а також жирів. Мікроелементи сприяють поліпшенню якості врожаю.

Між хімічним складом ґрунту і хімічним складом рослин немає прямої залежності. Деяких хімічних елементів у ґрунті

---

---

може бути багато, але в рослини вони або зовсім не надходять, або потрапляють у них у дуже невеликих кількостях, а інших хімічних елементів, яких у ґрунті мало, в рослинах накопичується велика кількість – рослини немовби вибирають, вичерпують ці речовини з ґрунту. Отже, поглинання мінеральних речовин має вибірковий характер.

Різні види рослин здатні накопичувати у своїх тканинах переважно різні хімічні елементи. Зазвичай, чільне місце за обсягами акумуляування в рослинах посідають азот, фосфор і калій, іноді кремній. Так, жито при вирощуванні на тому самому ґрунті, що й пшениця, накопичує менше марганцю, молібдену й міді, але значно більше бору.

Кожен вид рослин характеризується вибірковою здатністю засвоювати елементи і висуває свої вимоги до довкілля. Різні вимоги дозволяють існувати більшій кількості видів рослин, ніж у випадку однакових потреб. Спільнота, зокрема і сівозна, повніше використовує природні ресурси та є стійкішою в порівнянні з монокультурою.

Хімічні елементи, необхідні для росту і формування врожаю, називають *біогенними*. Інші елементи живлення потрапляють у рослини випадково, пасивно і фактично не потрібні для їх росту й розвитку. Тому такі хімічні елементи називають *абіогенними*, хоча практична їх важливість іноді може бути значною. Наприклад, астрагал та інші бобові рослини за росту на ґрунтах, багатих на селен, накопичують його у такій кількості, що стають отруйними для сільськогосподарських тварин.

Вуглець, кисень, водень і азот називають *органогенними елементами*, оскільки з них побудовані органічні речовини, і вони складають 95 % сухої маси рослин (вуглець 45 %, кисень – 42, водень – 6,5, азот – 1,5 %). Решту 5 % становлять *зольні елементи* (залишаються після спалювання рослин – калій, кальцій, магній, фосфор та ін.). У складі рослин виявлено більшість елементів таблиці Д. І. Менделєєва.



---

---

Нині доведено, що 20 елементів належать до *необхідних*, оскільки без них рослини не можуть жити і їх не можна замінити іншими елементами. Це – кисень, вуглець, водень, азот, фосфор, калій, кальцій, магній, натрій, сірка, залізо, хлор, марганець, бор, цинк, мідь, молібден, кобальт, ванадій, йод. Ще 12 елементів вважають *умовно необхідними*, оскільки вони іноді позитивно впливають на рослини (кремній, літій, стронцій, кадмій, селен, срібло, свинець, фтор, хром, нікель, алюміній, титан).

Проте деякі, але не всі, рослини потребують наявності натрію, кремнію, кобальту й нікелю. Так, натрій здебільшого необхідний для буряку і коренеплідних капустяних (редиска, редька), а в інших рослинах його замінює калій. Кремній також не універсальний біогенний елемент. Переважно його потребують злаки, оскільки він надає міцності соломині.

Елементи, які входять до складу рослин у великих кількостях (від сотих часток до кількох відсотків маси сухої речовини), називають *макроелементами*. Це такі, як азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка; азот, фосфор і калій іще називають *основними елементами живлення*.

Елементи, вміст яких у рослинах не перевищує тисячних часток, називають *мікроелементами*. До них належать бор, марганець, мідь, цинк, молібден, кобальт та ін.

Поділ хімічних елементів на макро- і мікроелементи досить умовний. Так, залізо відносять до мікроелементів, хоча за вмістом у рослинах воно належить до макроелементів.

## 1.2. НАДХОДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ В РОСЛИНИ

**Теорія надходження елементів живлення.** Елементи живлення рослин належать до факторів зовнішнього середовища, але водночас принципово різняться від інших факторів (температури, кислотності та ін.), оскільки у процесі поглинання

---

---

вони перетворюються із зовнішнього фактора середовища на внутрішній фактор рослинного організму.

Є два типи живлення живих організмів: *автотрофний* – засвоєння мінеральних солей, води, вуглекислого газу та синтез із них органічних речовин, і *гетеротрофний* – використання організмами готових органічних сполук. Рослини належать до автотрофних організмів, тоді як тварини і більшість мікроорганізмів – до гетеротрофних.

Завдяки процесу живлення (повітряному і кореновому) рослини ростуть та розвиваються і за оптимального живлення швидко нарощують масу.

Основним процесом, унаслідок якого створюються органічні речовини в рослинах, є *фотосинтез*, хоча рослини можуть у невеликих кількостях засвоювати амінокислоти, речовини росту, вітаміни, антибіотики.

Інтенсивність засвоєння елементів мінерального живлення залежить не лише від біологічних особливостей культур та умов зовнішнього середовища (наявність у ґрунті доступних сполук елементів живлення, необхідна температура, вологість та ін.), а й від кількості енергії та органічних речовин, які утворюються в процесі фотосинтезу.

Надходження мінеральних речовин у рослини лімітує багато чинників. Рослини через листки засвоюють 95 % і більше вуглецю. Крім того, вони можуть засвоювати внаслідок позакореневого живлення із водних розчинів зольні елементи, азот і сірку. Проте основна кількість азоту, води і зольних елементів у рослину надходить із ґрунту через кореневу систему.

Залежно від біологічних особливостей та умов вирощування рослини формують кореневу систему різної потужності. На бідних ґрунтах та в засушливих умовах у пошуках води й елементів живлення вони створюють більшу кореневу систему.

Застосування добрив, зазвичай, частково знижує співвідношення підземної і надземної маси рослин, але збільшує масу

---

---

кореневої системи та глибину її проникнення. Отже, добрива позитивно діють на розвиток кореневої системи.

У коренях багатьох рослин відкладаються про запас органічні сполуки, утворені в процесі фотосинтезу. За потреби вони повертаються в надземні органи і використовуються для росту рослин. Так, у коренях дворічних – буряку, моркви, петрушки у перший рік вегетації накопичуються запасні речовини, які витрачаються на другий рік для формування квіток і насіння.

Для коренів характерна видільна функція. У ґрунт виділяються як мінеральні, так і органічні речовини. Це також один із способів активного впливу коренів на ґрунт, оскільки під час його підкислення відбувається розчинення мінералів ґрунту, і корені отримують додаткову кількість елементів живлення.

До поверхні коренів рослин елементи живлення надходять за допомогою трьох механізмів:

- 1) кореневий перехват;
- 2) масовий потік;
- 3) дифузія.

**Кореневий перехват** – у процесі росту корені дотикаються до елементів живлення і поглинають їх. Значення цього механізму незначне, оскільки у шарі ґрунту 0–30 см корені займають лише близько 1 % його об'єму.

**Масовий потік** – корені поглинають з ґрунту воду, а з нею – розчинені елементи живлення. Проте процеси забезпечення рослин водою і мінеральними елементами незалежні. Тут немає прямого зв'язку. Рослини поглинають іони вибірково.

**Дифузія** – створюється у поживному розчині завдяки засвоєнню елементів живлення кореневою системою рослин. Це спонтанний природний процес, під час якого часточки речовини переміщуються з місця з більшою концентрацією до місця з меншою концентрацією. Отже, внаслідок дифузії зростає гомогенність (однорідність) розчину.

---

---

Так, фосфор і калій переважно засвоюються рослинами завдяки дифузії, тоді як азот, кальцій і магній – з потоком ґрунтового розчину. Нітрати рухаються в ґрунті швидше, ніж фосфати, і поглинаються інтенсивніше: якщо фосфати поглинаються в радіусі 1 мм від кореня, то нітрати в радіусі 10 мм.

Рослини, зазвичай, засвоюють елементи живлення з ґрунтового розчину низької концентрації – 0,01–0,05 %. Різні види рослин по-різному реагують на ту чи іншу концентрацію ґрунтового розчину. Найчутливіші до концентрованих розчинів льон, люпин, огірок, морква та більшість рослин у молодому віці.

Як уже зазначалося, для рослин характерна вибіркова здатність засвоювати елементи живлення – лише ті, які необхідні, що пояснюють фізіологічними законами живих організмів.

Відомо, що іони можуть надходити проти градієнта концентрації, і багато елементів, майже відсутніх у поживному розчині, можуть накопичуватись у рослинах. Наприклад, рослини кукурудзи можуть накопичувати в насінні золото, огірка – срібло, капусти – йод і молібден.

Існує тісний зв'язок між повітряним і кореневим живленням рослин. Іноді високі норми добрив можуть не підвищувати врожай, а, навпаки, знижувати його. Причиною цього є:

- 1) підвищення концентрації ґрунтового розчину до токсичної;
- 2) порушення оптимального співвідношення між елементами живлення в ґрунтовому розчині;
- 3) нестача вологи в ґрунті та вуглекислого газу в повітрі;
- 4) зниження освітлення внаслідок самозатемнення (сильний ріст рослин), що знижує інтенсивність процесу фотосинтезу;
- 5) забур'яненість посівів.

Найважливішим фактором ефективності добрив є водозабезпечення.

---

---

**Форми сполук, в яких рослини поглинають елементи живлення.** У ґрунті внаслідок безперервних складних біологічних, фізичних, хімічних і фізико-хімічних процесів складні мінеральні та органічні сполуки розкладаються на прості. Ці продукти розкладання використовуються для живлення рослин, а також втрачаються в газоподібному стані, вимиваються по профілю ґрунту або внаслідок ерозії чи знову необмінно закріплюються ґрунтом. Основну кількість елементів живлення рослин засвоюють в іонній формі (у вигляді аніонів і катіонів) через кореневу систему. Крім того, з ґрунту корені рослин здатні поглинати  $\text{CO}_2$  (до 5 % загальної їх потреби) та в незначних кількостях амінокислоти, цукри, вітаміни, ферменти та інші розчинні органічні сполуки.

Ще в XVIII ст. було з'ясовано, що органічні речовини ґрунту не засвоюються коренями рослин. Загалом це положення зберігає свою доцільність і понині, але доведено, що деякі органічні речовини, хоч і в невеликій кількості, але все-таки засвоюються з ґрунту.

Відкриття цієї здатності рослин дало змогу керувати їх мінеральним живленням, використовуючи так звані **хелати**, тобто **комплексони** – органічні речовини, до складу молекул яких входять ті або інші хімічні елементи, що є для рослин біогенними. Так, наприклад, етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДІТО) містить атоми заліза. У такій формі атоми заліза не зв'язуються ґрунтом, стійкі проти дії мікроорганізмів, не вимиваються дощовими водами, а сама кислота (ЕДІТО) добре поглинається коренями рослин. До складу хелатів можуть входити не лише залізо, а й інші макро- та мікроелементи. Наприклад, гумус ґрунту є природним хелатоутворювачем, тому це є однією з ознак високої родючості гумусових ґрунтів. Застосування елементів живлення у вигляді хелатів, як добрив, є перспективним напрямом в агрохімії.

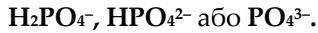
Амінокислоти в рослинах зазнають дезамінування, і вивільнений аміак використовується в синтетичних процесах.

---

---

При цьому азот переважно поглинається у вигляді аніонів нітрату  $\text{NO}_3^-$  і катіонів амонію  $\text{NH}_4^+$ . Ці іони постійно утворюються в ґрунті з органічних речовин унаслідок процесів амоніфікації та нітрифікації, які здійснюються мікроорганізмами.

Азот і сірка входять до складу білків і багатьох інших сполук. Сірка засвоюється рослинами у вигляді аніонів сірчаної кислоти  $\text{SO}_4^{2-}$ , а фосфор – у вигляді аніонів фосфорної кислоти:



Бор і молібден надходить у рослини у вигляді аніонів – боратів і молібдатів.

Кальцій, калій, магній, залізо, цинк надходять у рослини у вигляді відповідних катіонів, а марганець – у формі катіонів та аніонів.

Обмінним фондом під час живлення рослин є катіони водню  $\text{H}^+$  та аніонів вугільної кислоти  $\text{HCO}_3^-$ , що утворюються в процесі дихання клітин. Корені постійно дихають і виділяють  $\text{CO}_2$  який, розчиняючись у клітинному соку, утворює вугільну кислоту, що дисоціює на іони  $\text{H}^+$  і  $\text{HCO}_3^-$ .

Мінеральні речовини можуть також адсорбуватися листям. Крім того, вони можуть проникати крізь продири і кутикулу листків. Отже, листки рослин також певною мірою беруть участь у поглинанні мінеральних речовин. Це явище було встановлене ще Ж.Б.Буссенго.

Для позакореневого підживлення рослин використовують слабкі водні розчини макро- та мікроелементів. Найчастіше з цією метою застосовують мікроелементи, оскільки їх норми внесення малі і їх простіше розподілити на площі посівів. За такого способу використання ефект засвоєння рослинами мікроелементів вищий, ніж у разі внесення у ґрунт.

Осмотичний потенціал розчинів для проведення позакореневого підживлення має бути нижчим за осмотичний потенціал клітинного соку листків, щоб уникнути їх опіків. Тому на практиці застосовують розчини добрив, концентрація яких не перевищує 1,5–2,0 %.

---

---

Найефективнішим способом є використання елементів живлення у вигляді тонкої плівки, нанесеної на листки. Позитивна дія добрив зростає за їх сумісного використання з поверхнево активними речовинами (детергентами), які полегшують дифузію крізь кутикулу та надходження елементів живлення в клітини.

Позакореневе внесення елементів живлення скорочує час між їх застосуванням і використанням, що має велике значення для швидкого росту рослин.

**Фізіологічна реакція солей.** Рослини засвоюють різні катіони та аніони з ґрунту в певній кількості, що зумовлюється їх неоднаковим значенням для синтезу органічних сполук. Отже, вибірково вбирну здатність рослин потрібно враховувати під час застосування добрив. Наприклад, якщо в ґрунтовому розчині міститься  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , що є джерелом азоту і сірки для рослин, то засвоєння аніонів і катіонів може бути неоднаковим. Рослинам у більшій кількості потрібний азот, тому катіони  $\text{NH}_4^+$  засвоюються кореневою системою (в обмін на йони водню) інтенсивніше, ніж аніони  $\text{SO}_4^{2-}$ . Під час взаємодії коренів рослин із цією сіллю в ґрунтовому розчині накопичуються вільні катіони  $\text{H}^+$ , які, взаємодіючи з аніоном  $\text{SO}_4^{2-}$ , утворюють сірчану кислоту, яка призводить до підкислення розчину ґрунту. Аналогічно рослини засвоюють катіони із розчинів солей  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$  та ін. Тому добрива, які містять ці солі, в процесі живлення рослин можуть підкислювати ґрунтовий розчин.

Якщо джерелом азоту є  $\text{NaNO}_3$ , рослини активніше засвоюють аніони  $\text{NO}_3^-$ , ніж катіони  $\text{Na}^+$ . У ґрунтовому розчині знаходиться вугільна кислота і вода, які дисоціюють на іони  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ . Катіони  $\text{Na}^+$ , що в значній кількості залишаються в розчині, разом з аніонами  $\text{OH}^-$  та  $\text{HCO}_3^-$ , утворюють лужні сполуки –  $\text{NaOH}$  і  $\text{NaHCO}_3$ , які підлужовують ґрунтовий розчин.

Отже, вибіркова поглинальна здатність рослин зумовлює фізіологічну реакцію солей та мінеральних добрив. Фізіологічна

---

---

реакція солей виявляється під час взаємодії мінеральних добрив з рослинами в процесі живлення.

**Фізіологічно кислими** називають добрива, з яких рослини більше засвоюють катіони, а аніони, що залишаються в розчині, підкислюють ґрунтове середовище. Типовими фізіологічно кислими добривами є  $\text{NH}_4\text{Cl}$  та  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Фізіологічна кислотність калійних добрив  $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  та інших нижча, ніж амонійних. У ґрунті фізіологічна кислотність найбільше виявляється в зоні діяльності молодих корінців.

**Фізіологічно лужними** називають добрива, з яких рослини засвоюють переважно аніони, а катіони, що залишаються в розчині, піддуюють ґрунтове середовище. До них належать  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  та ін.

**Фізіологічно нейтральними** називають добрива, з яких рослини в однаковій кількості засвоюють катіони та аніони і які значно не змінюють реакцію ґрунтового розчину, наприклад,  $\text{KNO}_3$ .

**Біологічно кислими** є амонійні та амідні добрива, що частково окиснюються в ґрунті нітрифікуючими бактеріями, внаслідок чого утворюються азотна і сірчана кислоти:



Біологічне підкислення ґрунту відбувається у разі внесення аміаку водного, карбаміду, дещо менше – сульфату амонію, ще менше – хлористого амонію, оскільки аніони двох останніх добрив пригнічують життєдіяльність нітрифікуючих бактерій.

Реакцію добрив потрібно враховувати під час удобрення культур, зокрема на малобуферних ґрунтах. Так, фізіологічно кислі добрива слід застосовувати на ґрунтах з нейтральною або лужною реакцією, а фізіологічно лужні – на кислих ґрунтах.

**Буферність ґрунтового розчину** виявляється у його здатності зберігати значення **pH** після внесення в ґрунт кислих або лужних сполук. Ця властивість дуже важлива, оскільки дає змогу певною мірою використовувати для добрив кислі та лужні солі.



---

---

### 1.3. ВПЛИВ УМОВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИНАМИ

Засвоєння елементів живлення рослинами залежить від внутрішніх і зовнішніх умов живлення. До внутрішніх умов належать спадкові ознаки, що зумовлюють анатомічну й морфологічну будову кожного виду рослин, темпи росту, настання фази розвитку, спосіб розмноження, продуктивність і хімічний склад урожаю, вимоги до властивостей середовища та ін.

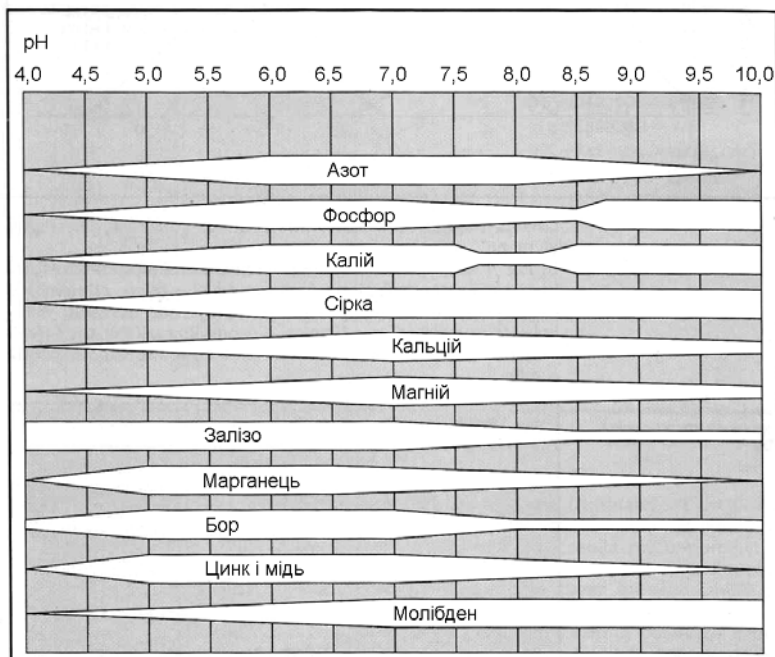
У природі кожної рослини закладено її здатність засвоювати із зовнішнього середовища елементи живлення, характерні для всього рослинного світу, але у певному співвідношенні та в типовій для кожного виду динаміці впродовж вегетаційного періоду.

Засвоєння рослинами елементів живлення залежить від властивостей ґрунту, його водно-повітряних і температурних режимів, освітлення та інших умов зовнішнього середовища. Основна умова нормального живлення рослин – наявність елементів живлення.

Умови живлення рослин потрібно враховувати під час складання системи удобрення культур (визначення норм, доз, форм, строків і способів внесення органічних і мінеральних добрив).

*Реакція ґрунтового розчину* значно впливає на мінеральне живлення рослин. Так, для кожного з елементів мінерального живлення рослин є власна зона оптимальних значень показника рН ґрунту, за якої цей елемент доступніший для рослин (рис. 4).

Найкраще елементи живлення засвоюються зі слабкого або близького до нейтрального ґрунтового розчину (рН сольової суспензії 6,2–6,5). Підкислення чи підлуження ґрунту впливає на доступність для рослин деяких елементів живлення.



**Рис. 4. Доступність елементів живлення рослинам залежно від реакції ґрунту**

*Концентрація поживного розчину і співвідношення в ньому елементів живлення.* У природних умовах концентрація ґрунтового розчину незасолених ґрунтів, зазвичай, становить від 0,02 до 0,20 %. Оптимальною вважають концентрацію 0,03–0,20 %.

Природно, що концентрація ґрунтового розчину вища за високих норм мінеральних добрив і в суху погоду. Надзвичайно важливо, щоб осмотичний потенціал ґрунтового розчину не перевищував осмотичного потенціалу клітин коренів, інакше клітини коренів рослин віддаватимуть воду в ґрунт, внаслідок чого почнеться їх відмирання і висихання.

Ріст надземних органів рослин і розвиток кореневої системи залежать від фізіологічної рівноваженості поживного

---

---

розчину. *Фізіологічна врівноваженість ґрунтового розчину* полягає в оптимальному співвідношенні в ньому іонів мінеральних речовин. Відомо, що окремий іон будь-якої мінеральної речовини у чистому стані для рослин токсичний. Проте якщо в ґрунтовому розчині знаходиться суміш іонів різних видів, то вони врівноважують токсичну дію один одного. Цей ефект називають *антагонізмом іонів*. Створення врівноважених розчинів дуже важливе для розробки системи удобрення культур у захищеному ґрунті, зокрема гідропонним методом.

Сильними антагоністами є пари іонів кальцій і натрій, кальцій і магній, мідь і залізо, молібден і залізо, молібден і марганець та ін.

Крім антагонізму, відоме явище *синергізму іонів*, яке полягає в тому, що одні іони підвищують поглинання та позитивну дію інших іонів (азот – магнію, магній – фосфору, калій – марганцю і заліза, молібден – азоту, сірка – азоту, калію, міді, магнію і марганцю).

Якщо елементи доповнюють один одного, то це явище називають *адитивністю іонів*. За адитивності іонів можна поліпшити умови мінерального живлення рослин, без підвищення норм мінеральних добрив, забезпечивши врівноваженість ґрунтового розчину.

Наявність азоту, фосфору і калію в поживному середовищі значною мірою визначає інтенсивність росту рослин та вбирання ними інших елементів живлення. Поліпшення азотного живлення збільшує надходження в рослини фосфору, калію, кальцію, магнію, міді, заліза, марганцю, цинку. Надмірне фосфорне живлення знижує надходження в рослини міді, заліза, марганцю. Під дією калію зменшується надходження в рослини кальцію, магнію та деяких інших елементів.

За збільшення забезпеченості рослин основними елементами живлення (NPK) підвищується потреба рослин у мікроелементах. У свою чергу, мікроелементи мають важливу роль у

---

---

підвищенні ефективності макроелементів та їх надходження в рослини.

Ріст рослин залежить насамперед від елемента, якого не вистачає або він у надлишку, за умови, що решта елементів живлення та інші фактори життєдіяльності не лімітують ріст.

За різних рівнів забезпеченості елементами мінерального живлення взаємодія між ними відбувається неоднаково і можуть спостерігатися швидкі переходи процесу антагонізму в синергізм, і навпаки. Зниження температури та освітлення посилює дію надмірних норм елементів мінерального живлення, а підвищення вологості дещо знижує негативну дію мінеральних елементів. Наприклад, спостерігалось підвищення вмісту нітратів у овочах під час вирощування їх у теплицях узимку в умовах недостатнього освітлення.

Для створення врожаю велике значення має здатність рослин багаторазово використовувати елементи живлення. Цей процес називають *реутилізацією*. Проте такі елементи, як кальцій, залізо, марганець, бор, мідь і цинк не реутилізуються; сірка частково переходить до складу органічних сполук, тоді як азот, фосфор, калій, магній – багаторазово.

Дефіцит елементів, які використовуються багаторазово, насамперед виявляється на старих листках. Крім того, на старих органах рослин чіткіше виявляються ознаки надлишку елементів, непридатних до реутилізації, та тих, що знаходяться у надлишку в поживному розчині.

**Вологість ґрунту.** Оптимальна вологість ґрунту (60–80 % повної польової вологості) – необхідна умова для нормального живлення рослин. Вода є середовищем для дифузії елементів живлення з ґрунтового розчину і ґрунтового вбирного комплексу до коренів. На утворення органічних речовин рослини витрачають близько 0,2 % поглиненої води, решта – випаровується. Отже, мінеральне живлення рослин – незалежний фізіологічний процес, мало пов'язаний із водним режимом рослин. Добрива на 20–30 % знижують витрати води на

---

---

утворення сухої речовини. У свою чергу, за достатнього забезпечення вологою підвищується віддача від внесених добрив, що доведено практикою застосування добрив в умовах зрошення.

**Повітряний режим.** Поглинання елементів живлення рослинами може відбуватися лише в умовах сприятливого повітряного режиму ґрунту. Для більшості сільськогосподарських культур достатнім є вміст у ґрунті 2–3 % кисню. За нестачі кисню в ньому більше утворюється відновлених форм заліза та інших сполук, шкідливих для рослин, і збільшується вміст вуглекислого газу, що знижує засвоєння коренями іонів амонію, нітратів і фосфатів, пригнічує діяльність мікроорганізмів. Для забезпечення коренів рослин киснем створюють сприятливу структуру ґрунту.

**Температура ґрунту.** За температури 5–7°C знижується надходження в рослини азоту, фосфору, кальцію, сірки, меншою мірою – калію. Амонійний азот може надходити в рослини за нижчої температури, ніж нітратний. Негативний вплив низької температури на азотне і фосфорне живлення у період появи сходів пояснюють слабким використанням молодими рослинами азоту й фосфору із запасів насіння і ґрунту. Оптимальна температура для азотного і фосфорного живлення – 23–25°C. З підвищенням температури від 20 до 35°C збільшується утворення білка в зерні пшениці озимої. Проте надмірно висока температура негативно впливає на надходження елементів живлення в рослину, що зумовлено зниженням активності ферментативних систем.

**Освітлення.** Живлення і продуктивність сільськогосподарських культур істотно залежить від інтенсивності освітлення. Затінення рослин у посівах унаслідок загущення знижує інтенсивність фотосинтезу і дихання, а відповідно, і врожайність.

За слабого освітлення в рослинах може накопичуватись надмірна кількість нітратів. Це пояснюють тим, що активність ферменту нітратредуктази, за участю якого в рослинах

---

---

відбувається відновлення нітратів до аміаку, залежить від інтенсивності освітлення.

**Кореневі виділення.** Під час дихання корені рослин виділяють вуглекислий газ, який, взаємодіючи з водою, утворює вугільну кислоту. Вона сприяє розчиненню сполук, елементи яких стають доступнішими для рослин. Крім того, корені рослин виділяють невеликі кількості яблучної, лимонної, щавлевої та інших органічних кислот. Тому в ризосфері коренів кислотність дещо підвищується. У різних рослин склад корневих виділень також різний, що й зумовлює їх неоднакову здатність засвоювати елементи живлення з важкорозчинних сполук. Наприклад, люпин, гречка, гірчиця можуть засвоювати фосфор безпосередньо з фосфориту навіть за нейтральної і слабколужної реакції ґрунту, тоді як ячмінь, кукурудза і просо використовують його лише на кислих, не насичених основами ґрунтах.

Люпин настільки розчиняє фосфоритне борошно своїми кислими корневими виділеннями, що не лише забезпечує фосфором себе, а й залишає достатню його кількість для живлення інших рослин.

Здатність деяких рослин засвоювати фосфор з фосфориту пояснюють також більшим використанням ними з ґрунту кальцію, ніж фосфору. Ґрунтовий розчин при цьому збіднюється на кальцій, кислотність його зростає, що й сприяє доступності для рослин фосфат-іонів. До таких рослин належать люпин, горох, еспарцет, чина, конюшина, гірчиця.

Крім органічних кислот, корені рослин виділяють цукри, амінокислоти, вітаміни та різні ферменти. За допомогою ферментів рослини розкладають органічні речовини до доступних для них сполук.

**Роль ґрунтових мікроорганізмів у живленні рослин.** Завдяки діяльності мікрофлори відбувається мінералізація органічних залишків та безперервне надходження в атмосферу вуглекислого газу, за допомогою якого здійснюється фотосинтез зеленими рослинами.

---

---

У безпосередній близькості до коренів на відстані 1–2 мм у ґрунті знаходиться зона, яку називають *ризосферою*. У цій зоні відчувається досить істотний вплив кореневих виділень на мікроорганізми ґрунту, які, у свою чергу, впливають на колообіг елементів живлення в ґрунті, отже, на кореневе живлення рослин. У ризосфері, багатій на органічні виділення коренів, чисельність мікроорганізмів у 10 і більше разів вища, ніж у навколишньому ґрунті.

Рослини не лише сприяють розвитку мікроорганізмів у ризосфері, а й селекціонують деякі їх групи. Тому мікрофлора ризосфери відрізняється від решти ґрунту за складом мікроорганізмів.

Між коренями рослин і ґрунтовими мікроорганізмами взаємовідносини різні. Деякі з них сприятливо діють на рослини, інші – пригнічують їх ріст і можуть знизити врожай. Розвиток великої кількості мікроорганізмів у ризосфері призводить до вбирання значної кількості елементів живлення і рослини тимчасово відчувають їх нестачу. Після відмирання клітин мікроорганізмів ці елементи знову повертаються в ґрунт. За допомогою агротехнічних і меліоративних заходів можна змінювати склад мікроорганізмів у ризосфері та активувати ті мікробіологічні процеси, які позитивно впливають на умови ґрунтового живлення рослин.

#### **1.4. ЗАСВОЄННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ РОСЛИНАМИ У РІЗНІ ПЕРІОДИ ВЕГЕТАЦІЇ**

Упродовж вегетації рослин (в онтогенезі) елементи живлення поглинаються нерівномірно. Раціональна система удобрення має враховувати життєві цикли потреб рослин в елементах живлення і своєчасно забезпечувати їх у необхідній кількості й співвідношенні у найбільш засвоюваних формах.

---

---

Недостатня забезпеченість тим чи іншим елементом в окремі періоди життя зумовлює зниження врожаю та погіршення його якості.

За час вегетації в рослин виділяють два періоди, які різняться характером вбирання елементів живлення: критичний, коли в рослини надходить невелика кількість елементів живлення, а їх нестача погіршує ріст і розвиток рослин, та період максимального засвоєння, коли рослини вбирають найбільшу їх кількість.

Для багатьох рослин критичним є період появи сходів, насамперед відносно фосфору. У цей період у рослин інтенсивно відбуваються процеси синтезу, але коренева система розвинена ще слабо. І навіть якщо в наступні фази розвитку фосфорне живлення буде достатнім, це не виправить ситуацію – врожай буде нижчим. Тому система удобрення має передбачати посилене живлення рослин фосфором порівняно з азотом і калієм на початку вегетації. Для цього фосфорні добрива невеликими дозами вносять у рядки під час сівби. Під деякі культури під час сівби вносять всі основні елементи живлення: азот, фосфор і калій, наприклад, під зернові, буряк, картоплю.

У зернових злаків закладання і диференціація репродуктивних органів розпочинається вже в період 3–4 листків. Нестача азоту в цей період призводить до зменшення кількості колосків та зниження врожаю. Тому цей недолік наступним нормальним азотним живленням виправити не вдається.

Слід також зазначити, що тривалість періоду живлення, тобто інтервал часу, впродовж якого рослини засвоюють елементи живлення з довкілля, не завжди збігається з вегетаційним періодом. У перший період життя вони використовують елементи живлення з проростаючого насіння або бульб чи коренеплідів. Наприкінці вегетації багато рослин перестають засвоювати елементи живлення ззовні, але продовжують повторно використовувати ті, які були засвоєнні раніше.



---

---

За тривалістю періоду живлення сільськогосподарські культури істотно різняться між собою. Наприклад, буряк, картопля, кукурудза, горох, люпин, конюшина та інші культури засвоюють елементи живлення впродовж усієї вегетації, тоді як у ячменю період живлення триває перші 50–60 діб, хоча вегетаційний період становить 80–90 діб.

Інтенсивність засвоєння елементів живлення рослинами у різні періоди вегетації неоднакова. Кожна культура має свої періоди інтенсивного їх засвоєння. Так, трави, буряк, кукурудза, соняшник відрізняються тривалим періодом засвоєння елементів живлення, який продовжується майже до кінця їх вегетації. Всі зернові культури (за винятком кукурудзи), а також льон, рання картопля, деякі овочеві культури мають короткий період засвоєння основної кількості елементів живлення.

Наприклад, капуста найбільшу кількість елементів живлення засвоює під час формування головки. Буряк цукровий за другий місяць життя засвоює у 50 разів більше азоту, у 15 – фосфору і у 60 разів – калію, ніж за перший місяць.

Льон найчутливіший до рівня азотного живлення від фази ялинки до бутонізації, злакові культури — у період формування листкового апарату і в період диференціації репродуктивних органів, тобто від фази виходу в трубку до початку колосіння. Буряк цукровий потребує посиленого калійного живлення у період цукронакопичення.

Огірок вибагливий до живлення азотом у період формування листкового апарату, а до живлення фосфором – перед цвітінням. У період плодоношення він потребує посиленого забезпечення азотом і калієм.

Потреба більшості рослин в азоті до початку плодоношення зменшується, причому значення фосфору і калію у живленні рослин зростає. Загалом у період плодоношення засвоєння елементів живлення знижується, наприкінці вегетації життєдіяльність рослин переважно відбувається завдяки повторному використанню раніше накопичених елементів.

---

---

Особливості засвоєння елементів живлення у різні фази вегетації потрібно враховувати під час складання системи удобрення сільськогосподарських культур, яка, зазвичай, включає три прийоми застосування добрив у різні строки: основне, рядкове і підживлення. Основне внесення добрив до сівби має забезпечувати живлення рослин упродовж усієї вегетації. Тому, зазвичай, вносять повну норму органічних і більшу частину мінеральних добрив. Внесення добрив у рядки має за мету “підтримати” рослини у перші 10–20 діб після появи сходів. Для цього використовують легкорозчинні форми фосфорних або комплексних добрив. У період максимального засвоєння рослинами елементів живлення проводять кореневі та позакореневі підживлення.

### **? Питання для самоконтролю**

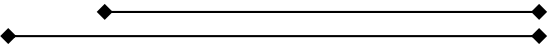
1. Що таке живлення рослин?
2. Які хімічні елементи входять до складу рослин?
3. Які основні органічні речовини входять до складу рослин?
4. У чому особливості кореневого живлення рослин?
5. Що таке пасивне та активне вбирання рослинами елементів живлення?
6. У формі яких сполук елементи живлення надходять у рослини?
7. Назвіть основні положення сучасної теорії живлення рослин.
8. Які зовнішні умови впливають на живлення рослин?
9. Яка роль ґрунтових мікроорганізмів у живленні рослин?
10. Назвіть вимоги рослин до живлення основними елементами живлення у різні періоди росту й розвитку?

---

---

## Розділ 2

# ХІМІЧНА МЕЛІОРАЦІЯ ҐРУНТІВ



**Хімічна меліорація** – це заміна небажаних у складі ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) катіонів (водню, алюмінію, заліза, марганцю в кислих і натрію – в лужних ґрунтах на кальцій).

Надмірна кислотність ґрунту усувається вапнуванням, а надмірна лужність – гіпсуванням. Хімічну меліорацію проводять до внесення добрив з метою створення оптимальної реакції ґрунтового розчину, кращого засвоєння елементів живлення з ґрунту і внесених добрив. Її зазвичай проводять один раз за ротацію сівозміни або за кілька років.

**Хімічні меліоранти** – речовини або суміші речовин природного або техногенного походження, які вносять у ґрунти з метою їх хімічної меліорації (гіпс, фосфогіпс, крейда, дефекат, породи, що містять більше 10 % сполук кальцію – леси, червоно-бурі глини, кальцієво-залізовмісні шлами металургійних та інших підприємств тощо).

## 2.1. ВІДНОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ДО РЕАКЦІЇ ҐРУНТУ

Засвоєння елементів живлення рослинами відбувається за відповідної реакції ґрунтового середовища. За ступенем кислотності та лужності ґрунти поділяють на десять груп (табл. 2.1).

Таблиця 2.1  
Групування ґрунтів за ступенем кислотності та лужності

Група	Колір на картограмі	Ступінь кислотності ґрунтів	Область рН	
			водного	сольового
1	Червоний	Дуже сильнокислі	< 4,5	< 4,0
2	Рожевий	Сильнокислі	4,5 – 5,0	4,0 – 4,5
3	Оранжевий	Середньокислі	5,0 – 5,5	4,5 – 5,0
4	Жовтий	Слабокислі	5,5 – 6,0	5,0 – 5,5
5	Світло-зелений	Близькі до нейтральних	6,0 – 7,0	5,5 – 6,0
6	Зелений	Нейтральні	7,0 – 7,5	6,0 – 7,0
7	Голубий	Слаболужні	7,5 – 8,0	–
8	Синій	Середньолужні	8,0 – 8,5	–
9	Фіолетовий	Сильнолужні	8,5 – 9,0	–
10	Коричневий	Дуже сильнолужні	> 9,0	–

Звичайні речовини мають такий показник рН: сік лимонний – 3, сік апельсиновий – 4, молоко – 6, чиста вода – 7, морська вода – 8, мильний розчин – 9. У чистій атмосфері, яка не має домішок, опади підкислюються вуглекислою, яка утворюється із  $\text{CO}_2$ , забезпечуючи рівень рН у межах 5,6–6,0. “Кислими” вважаються опади у вигляді дощу або снігу при значенні  $\text{pH} < 5,6$ .

Для кожного виду рослин є сприятливіший для росту і розвитку інтервал реакції ґрунтового середовища. Для більшості рослин і ґрунтових мікроорганізмів оптимальною є слабокисла і близька до нейтральної реакція ґрунтового середовища

---

---

( $pH_{\text{сол.}} = 6 \dots 7$ ). Проте є культури, для яких найкращим є кисліше середовище, але вони добре ростуть за широкого інтервалу  $pH$ .

За відношенням до кислотності ґрунту, а відповідно і за реакцією на вапнування, сільськогосподарські культури умовно поділяють на п'ять груп:

**Перша група культур** – це найчутливіші до кислотності ґрунту рослини, які потребують нейтральної або слаболужної реакції ґрунтового розчину (люцерна, буркун, буряк, часник, капуста білоголова, салат, шпинат, селера, гірчиця, яблуня, вишня, слива, смородина). Вони активно реагують на внесення вапна навіть на слабокислих ґрунтах.

**Друга група культур** – потребують слабокислої та близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину. Вони добре реагують на вапнування не лише сильно- і середньокислих, а й слабокислих ґрунтів (пшениця, кукурудза, ячмінь, соя, горох, соняшник, квасоля, боби кормові, вика, конюшина, лисохвіст, огірок, цибуля, капуста цвітна, груша, агрус).

**Третя група культур** – слабочутливі до підвищеної кислотності ґрунтового розчину (жито, овес, просо, гречка, тимофіївка, редиска, помідор, морква, суніця). Вони задовільно ростуть у досить широкому діапазоні показника  $pH$  ґрунтового розчину – від кислих до слаболужних (від 4,5 до 7,5), але найкращі для їх росту ґрунти зі слабкислою і близькою до нейтральної реакцією ( $pH = 5,5 \dots 6,0$ ). Ці культури позитивно реагують на вапнування середньокислих ґрунтів, що пояснюють не лише зниженням кислотності, й ефектом поліпшення мінерального живлення рослин після вапнування.

**Четверта група культур** – потребують вапнування лише середньо- і сильнокислих ґрунтів, але погано переносять у ґрунті надлишок кальцію. Так, картопля не реагує на невелику кислотність, а льон навіть краще росте за слабкислої реакції ґрунтового розчину.

**П'ята група культур** – досить стійка до кислого середовища. *Рослини-ацидофіти*: люпин, серадела, щавель, рис та

---

---

інші ростуть на ґрунтах з рН 4,0...6,0, а оптимальним для них є рН 4,5...5,0. Вони погано ростуть на лужних і навіть нейтральних ґрунтах. Для них потреба у вапнуванні виникає лише на дуже сильно кислих ґрунтах. Наявність катіонів кальцію в ґрунтовому розчині знижує схожість насіння цих культур і негативно впливає на їх початковий ріст.

Загалом більшість вирощуваних сільськогосподарських культур позитивно реагують на ліквідацію надмірної кислотності ґрунту після вапнування.

Негативна дія кислотності ґрунту на рослини складається з прямої дії підвищеної концентрації іонів водню і багатьох побічних факторів. Прямим її наслідком є погіршення розвитку кореневої системи та її вбиральна здатність. Особливо чутливі рослини до підвищеної кислотності ґрунту на початку росту.

Побічна дія кислотності ґрунту багатостороння. Кислі ґрунти мають гірші властивості (фізичні, фізико-хімічні, структуру, ємність вбирання, буферність), знижується діяльність корисних ґрунтових мікроорганізмів, зокрема азотфіксуючих, мінералізація органічних речовин, що зменшує доступність для рослин елементів живлення.

За підвищеної кислотності ґрунту збільшується рухомість у ньому алюмінію, заліза, марганцю. До високої концентрації в ґрунтовому розчині алюмінію особливо чутливі конюшина, люцерна, жито і пшениця (під час перезимівлі), ячмінь, горох, буряк, льон, гречка.

У кислих ґрунтах зменшується рухомість молібдену, тому його може не вистачати для живлення рослин, зокрема бобових. У ґрунтах з кислою реакцією, особливо піщаних і супіщаних, мало рухомих сполук кальцію й магнію, внаслідок чого порушується живлення рослин цими макроелементами.

Отже, знаючи реакцію ґрунтового розчину, можна підбирати культури, які можуть добре рости в певних умовах. Питання хімічної меліорації земель також не можна вирішити без визначення цього параметру ґрунту. Реакцію ґрунтового

---

---

розчину можна корегувати за допомогою добрив, виходячи з потреби культур. Потрібно також враховувати, що доступність рослинам фосфору і мікроелементів напряду залежить від реакції ґрунтового розчину.

## 2.2. ЗНАЧЕННЯ КАЛЬЦІЮ Й МАГНІЮ ДЛЯ ҐРУНТУ І ЖИВЛЕННЯ РОСЛИН

**Вапнування** – це внесення в ґрунт кальцію і магнію у вигляді карбонатів, оксидів або гідрокарбонатів для нейтралізації його кислотності.

Це основний і найрадикальніший прийом поліпшення властивостей кислих ґрунтів. Він багатосторонньо впливає на поліпшення агрохімічних, агрофізичних і біологічних властивостей ґрунту, забезпечення живлення рослин кальцієм і магнієм, мобілізацію й іммобілізацію макро- і мікроелементів у ґрунті, створення оптимальних фізичних, водно-фізичних та інших умов життя культурних рослин. У ґрунтах кальцій буває у формі деяких мінералів (доломіт, кальцит та ін.) та різних солей. Водорозчинні солі кальцію утворюють у ґрунтовому розчині іони  $\text{Ca}^{2+}$ , які є доступними для рослин. Частина кальцію зв'язується ГВК. Нестача кальцію в ґрунті призводить до уповільнення вбирання рослинами калію й бору, тому на вапнованих ґрунтах насамперед спостерігається їх калійне і борне голодування.

Вапно  $\text{CaCO}_3$  майже не розчинне у воді (масова частка карбонату кальцію розчиняється в 100 тис. масових часток води). Збагаченню ґрунтового розчину кальцієм сприяє вуглекислий газ, що виділяється під час дихання коренів і мікроорганізмів. Внесене в ґрунт вапно взаємодіє з вугільною кислотою ґрунтового розчину і нейтралізує її. При цьому нерозчинний у воді карбонат кальцію поступово перетворюється на

---

---

гідрокарбонат кальцію (або магнію), який набагато краще розчинний у воді та сприяє надходженню іонів кальцію в ґрунтовий розчин:

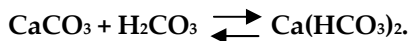


Гідрокарбонат кальцію дисоціює на іони  $\text{Ca}^{2+}$  і  $2\text{HCO}_3^-$  та частково зазнає гідролізу:



У ґрунтовому розчині підвищується концентрація катіонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ , які витісняють з ГВК катіони водню, алюмінію, заліза, марганцю і нейтралізують ґрунт.

Вугільна кислота, що утворюється в процесі обміну іонів водню ГВК на іони кальцію, нейтралізується вапном, утворюючи при цьому гідрокарбонат кальцію, який знову вступає у відповідні реакції:



Внаслідок цих реакцій у ґрунтовому розчині збільшується концентрація іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{OH}^-$ , причому іони  $\text{Ca}^{2+}$  витісняють іони  $\text{H}^+$  з ГВК та нейтралізують кислотність ґрунту.

Карбонати кальцію і магнію також безпосередньо взаємодіють з органічними та мінеральними кислотами і нейтралізують їх.

Отже, після внесення у кислий ґрунт повної норми вапна усувається активна й обмінна кислотності, значно знижується гідролітична кислотність. Дія вапна на зміщення показника рН ґрунту максимально досягається у перших два роки. Впродовж наступних п'яти років знову відбувається поступове підкислення ґрунту і втрачається до 30 % досягнутого зміщення в нейтральну область. Через 7–8 років втрати досягають 50 % отриманого у перші два роки рівня показника рН.

Поряд зі зниженням кислотності, вапнування підвищує вміст кальцію в ґрунтовому розчині та ступінь насиченості



---

---

грунту основами, впливає на інші властивості ґрунту. Кальцій, внесений з меліорантом, сприяє утворенню ґрунтових колоїдів, поліпшенню структури ґрунту, підвищує її водостійкість. Після вапнування поліпшуються водний і повітряний режими ґрунту та обробіток важких ґрунтів після дощу, на поверхні менше утворюється кірка, посилюється життєдіяльність мікроорганізмів і мобілізація ними азоту, фосфору та інших елементів живлення з органічних речовин ґрунту. Вапнування сприяє розвитку азотфіксувальних бактерій (вільноживучих і бульбочкових). Крім того, пригнічуються шкідливі мікроорганізми та знижується зараженість сільськогосподарських культур різними хворобами: капусти та інших капустяних – килою; картоплі й помідора – фітофторозом; ячменю – гельмінтоспорозом; коренеплодів – коренеїдом. Проте слід пам'ятати, що високі норми вапна можуть сприяти посиленому розвитку деяких шкідливих мікроорганізмів, наприклад, збудників парші картоплі, фузаріозу льону тощо.

Після вапнування ґрунтів поліпшується також живлення рослин фосфором. Під дією вапна важкорозчинні фосфати алюмінію і заліза переходять у доступніші для рослин фосфати кальцію та посилюється життєдіяльність мікроорганізмів, які мінералізують органічні сполуки фосфору. Калій важкорозчинних мінералів інтенсивніше перетворюється у рухомі сполуки, а ввібраний ґрунтом – витісняється в розчин, але засвоєння його рослинами внаслідок антагонізму між катіонами  $K^+$  і  $Ca^{2+}$  не збільшується.

Крім того, вапнування впливає на рухомість і доступність для рослин мікроелементів. Сполуки молібдену переходять у більш засвоювані форми, а рухомість сполук бору, міді, цинку і марганцю, навпаки, зменшується і рослини можуть відчувати їх нестачу. Тому на провапнованих ґрунтах ефективним є застосування мікродобрив, особливо під чутливі до них культури – буряк, конюшину, люцерну, льон, картоплю, гречку, цибулю та ін.

---

---

Внесення вапняних добрив збагачує ґрунт кальцієм, а при використанні доломітового борошна і магнеєм, що дуже важливо для підвищення врожайності сільськогосподарських культур, зокрема тих, які засвоюють велику кількість цих елементів.

Найбільше кальцію втрачається з ґрунту внаслідок вимивання. На різних за складом ґрунтах залежно від культур, норм і форм вапняних та мінеральних добрив із ґрунту за рік може бути вимито від кількох десятків до 200–400 кг/га і більше кальцію. Максимальні його втрати спостерігаються на чистих парах, а під посівами знижуються, досягаючи мінімуму під багаторічними культурами суцільної сівби. За інших рівних умов вимивання кальцію в 1,5–2,0 рази і більше на легких, ніж на важких за гранулометричним складом ґрунтах. Втрати також зростають у разі внесення високих норм фізіологічно кислих мінеральних добрив.

Порівняно з кальцієм, вміст магнею в ґрунтах менший. Особливо бідні на вміст магнею сильноопідзолені кислі ґрунти легкого гранулометричного складу. Тому застосування на них магнеїєвмісних добрив значно підвищує продуктивність культур.

Слід зазначити, що 20–30 % вимитого з орного шару кальцію і магнею в посушливі періоди року може повертатися в ґрунт з висхідними потоками води по капілярах.

**Кальцій** потрібний для нормального росту надземних органів і кореневої системи рослин. У рослини він надходить упродовж усього періоду активного росту. Іони кальцію, що потрапили в рослину, знаходяться у вільному стані, частина їх взаємодіє з органічними речовинами. Так, кальцій підвищує жаростійкість рослин, усуває токсичну дію деяких мікроелементів (міді, заліза, цинку), сприяє кращому транспортуванню вуглеводів і білкових речовин, синтезу хлорофілу, росту коренів. Дефіцит кальцію затримує ріст листків, їх жилки буріють (провідні пучки забиваються бурими продуктами розкладання клітковини), на них спочатку з'являються світло-жовті плями (хлоротичність), потім вони відмирають. При цьому листки, які

---

---

утворилися раніше, не відчують його нестачі й залишаються нормальними: вони містять кальцію більше, ніж молоді листки, оскільки рослини не можуть його перерозподіляти.

Сільськогосподарські культури різняться за рівнем використання кальцію. Так, з 1 га посівів жито, пшениця, ячмінь та овес виносять 20–40 кг **СаО**; горох, вика, квасоля, гречка, льон – 40–60; картопля, люпин, кукурудза, буряк цукровий – 60–120; конюшина, люцерна – 120–250; капуста – 300–500 кг **СаО**. Потреба деяких культур у кальції і стійкість їх до кислотності не завжди збігаються. Наприклад, капуста, конюшина, люцерна, картопля, люпин засвоюють багато кальцію, але картопля і люпин нечутливі до кислотності ґрунту.

У різних частинах і органах рослин міститься різна кількість кальцію: в листках і стеблах його значно більше, ніж у насінні. Тому більша частина кальцію, винесена рослинами з ґрунту, в разі залишення нетоварної частини врожаю на полі, а також із кормами і підстилкою потрапляє в гній, тобто знову повертається в ґрунт.

Кальцій також входить до складу деяких фосфорних та азотних добрив і з них використовується для живлення рослин. Зокрема суперфосфат гранульований його містить близько 20 % (1/3 водорозчинного і 2/3 нерозчинного і важкодоступного для рослин). Найкращим кальцієвим добривом можна вважати кальцієву і вапняно-аміачну селітри.

Вміст *магнію* в рослинах становить 0,01–3,0 % на суху речовину. Магнію, як і фосфору, найбільше міститься в молодих органах рослин і насіння. Він засвоюється лише у формі іонів **Mg<sup>2+</sup>**. На відміну від кальцію, магній рухливіший і може перерозподілятися рослиною: зі старих листків він надходить у молоді, а після цвітіння – з листків у насіння. Нестача магнію більше впливає на розвиток репродуктивних органів рослин – насіння, бульби, коренеплоди.

Магній входить до складу молекул хлорофілу (до 15–20 %, що міститься в рослині), фітину, пектинових речовин. Він бере

---

---

участь у переміщенні фосфору, активує деякі ферменти, пришвидшує синтез вуглеводів. За дефіциту магнію в рослинах листки стають блідими, часто з'являються плями на старих листках. Пізніше на листках між жилками з'являються бурі плями, тоді як жилки залишаються зеленими.

Господарський винос магнію (**MgO**) залежно від культури коливається від 10 до 100 кг/га. Найбільше його виносять картопля, буряк, тютюн, зернобобові культури і багаторічні трави. Чутливі до нестачі магнію кукурудза і просо, найчутливіші – зернові колосові культури, зокрема овес, жито озиме. Значних кількостей магнію потребує ріпак. Оптимальна однаразова доза внесення магнію становить 50–100 кг/га **MgO**.

Оскільки магній і калій є антагоністами, надмірне внесення калійних добрив може спричинити нестачу магнію. На відміну від калію, він легко вимивається з ґрунту, щорічні його втрати можуть досягати 20–40 кг/га.

Дефіцит магнію зумовлюється зменшенням обсягів застосування органічних добрив, висококонцентрованими мінеральними добривами, зведенням до мінімуму вапнування ґрунтів. На деяких ґрунтах потреба рослин у магнії більша, ніж у фосфорі.

Магній впливає на ріст рослин, тому він найбільш потрібний у молодому віці, отже, його слід вносити в основне удобрення. Цей елемент також добре засвоюється через листя, у 10–15 разів швидше, ніж калій або фосфор. Як магнієві добрива застосовують: магнезит – містить до 45 % магнію, доломіт – 18–20, кізерит – до 20, епсоліт – до 14, каїніт – до 10, лангбейніт – до 19, карналіт – до 14, магнійамонійфосфат – 21, калімагnezія – 8, калімаг – 8–9, борно-магнієве добриво – до 20 % магнію. За винятком магнезиту й доломіту, всі інші магнієві добрива розчинні у воді.

Якщо для зернових культур недостатньо магнію, його вносять позакоренево у фази куцїння і наприкінці виходу в трубку у вигляді розчину сульфату магнію. Доцільніше його вносити разом з карбамідом і мікроелементами.

---

---

### 2.3. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ, НОРМ І МІСЦЯ ПРОВЕДЕННЯ ВАПНУВАННЯ В АГРОЦЕНОЗАХ

Ефективність вапнування залежить від рівня кислотності ґрунту: чим рівень кислотності вищий, тим гостріша потреба у внесенні вапняних добрив і більша віддача від їх використання.

Про кислу реакцію середовища свідчать деякі зовнішні ознаки. Кислі сильнопідзолисті ґрунти мають чітко виражений горизонт – 10 см і більше. На підвищену кислотність ґрунту вказують також поганий ріст і розрідження (самовипадання) посівів конюшини, люцерни, бураку, пшениці озимої після перезимівлі, активний розвиток стійких до кислотності бур'янів і диких рослин: щавель, осока, жабрій, жовтець повзучий, щучник, багно, ситник, верес, хвощ польовий та ін. Якщо в польових лісосмугах добре ростуть дуб, бук, біла акація, шипшина, то такі ґрунти вапнування не потребують. Велика кількість лободи і кропиви вказує на те, що ґрунт не лише нейтральний, але й багатий на елементи живлення.

Проте рівень кислотності ґрунту і потребу його у вапнуванні в агроценозах, сівозмінах точніше визначають за комплексом агрохімічних показників (обмінної і гідролітичної кислотності, ступеня насиченості ґрунту основами, вмістом органічних речовин, рухомих сполук алюмінію і марганцю) з урахуванням гранулометричного складу ґрунту та біологічних особливостей вирощуваних культур, оскільки за рН ґрунту понад 6,0 значно збільшуються втрати кальцію внаслідок вимивання.

За мірою кислотності та потребою у вапнуванні ґрунти поділяють на чотири групи (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

**Потреба ґрунтів у вапнуванні залежно від рН<sub>сол</sub>.  
(за Т. О. Грінченком)**

Кислотність ґрунту	рН <sub>сол</sub>	Потреба ґрунту у вапнуванні
Дуже сильна	< 4,5	Першочергове вапнування в усіх типах сівозмін
Середня	4,6–5,0	Першочергове вапнування в овочевих і кормових сівозмінах на супіщаних та суглинкових ґрунтах; середня потреба у польових сівозмінах на піщаних ґрунтах
Слабка	5,1–5,5	Вапнування супіщаних і суглинкових відмін, зокрема в кормових і овочевих сівозмінах та в сівозмінах з травами. В останню чергу, вапнують піщані й глинисто-піщані ґрунти
Близька до нейтральної	5,6–6,0	Вибіркове вапнування супіщаних та суглинкових ґрунтів і насамперед у сівозмінах з вибагливими до вапна культурами. Не потребують вапнування ґрунти з рН <sub>сол</sub> > 6,5 незалежно від їх поширення

За ступенем насиченості ґрунту основами (V) додатково уточнюють потребу його у вапнуванні: сильна –  $V < 50\%$ , середня –  $V = 50 \dots 70$ , мала –  $V = 70 \dots 80$ , потреби у вапнуванні немає –  $V > 80\%$ .

За однакового значення рН ґрунти більше насичені основами, менше потребують вапнування.

При визначенні потреби ґрунтів у вапнуванні враховують також гідролітичну кислотність (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Оцінка потреби ґрунтів у вапнуванні залежно від величини  
гідролітичної кислотності**

Гідролітична кислотність, смоль/кг ґрунту	Поширення ґрунтів	Потреба у вапнуванні
>4,0	Усі зони	Першочергова
4,0–3,0	Зони Полісся та Лісостепу	Першочергова
	Передкарпаття та Західний Лісостеп	Середня
	Гірські райони Карпат	Слабка
3,0–2,0	Зони Полісся та Лісостепу	Середня
	Передкарпаття	Слабка
	Гірські райони Карпат	Відсутня
2,0–1,8	Зона Лісостепу	Середня
	Зона Полісся	Середня
1,8–1,5	Зона Полісся	Слабка

Відомості про всі агрохімічні показники, які визначають потребу ґрунту у вапнуванні, є в ґрунтових і агрохімічних картах (картограмах) та паспортах полів, які на замовлення землекористувача періодично оновлює агрохімічна служба.

Основне вапнування проводять на сильнокислих ґрунтах, підтримуюче, розраховане на компенсацію підкислюючих факторів, на ґрунтах з відносно сприятливим рівнем кислотності з урахуванням типу сівозмін і насиченості їх кальцієфобними та кальцієфільними культурами.

Якщо в господарстві з фінансово-економічних причин не можна відразу провапнувати всі площі кислих ґрунтів, вигідніше провапнувати спочатку середньо- та слабкокислі, зазвичай найродючіші ґрунти.

Для визначення місця внесення вапна у сівозміні потрібно враховувати чутливість вирощуваних культур до кислотності

---

---

грунту; період часу від внесення до прояву максимальної нейтралізуючої здатності певної форми вапняного добрива; організаційно-технічні можливості своєчасного та якісного проведення робіт з вапнування.

У сівозмiнах з високою насиченiстю льоном, картоплею i люпином вапнування слiд проводити за показника  $pH_{\text{сол.}} = 5,5$  i нижче (на пiщаних ґрунтах – 5,2 i нижче). Рекомендують вносити вапно безпосередньо пiд цi культури або за чотири i бiльше рокiв до їх сiвби.

У сiвозмiнах з конюшиною i люцерною вапнянi добрива вносять пiд покривну культуру або безпосередньо пiд конюшину та люцерну у разi безпокровного вирощування. У сiвозмiнах без багаторiчних трав вапно вносять пiд буряк цукровий, пшеницю озиму, горох, боби кормовi. Кукурудза, зазвичай, використовує його пiслядiю. У польовiй сiвозмiнi зерно-бурякового виду повну норму вапняних добрив вносять пiд буряк цукровий один раз за ротацiю. У сiвозмiнах iз зерновими i кормовими культурами насамперед вапнують поля, якi вiдводять пiд найчутливишi до кислотностi ґрунту культури – багаторiчнi трави, коренеплоди, пшеницю озиму, зернобобовi. В овочевих сiвозмiнах повну норму вапна вносять пiд капусту або коренеплоди. У сiвозмiнах, в яких люпин, серадела та iншi культури використовують на зелене добриво, вапно вносять пiд час їх приорювання. У процесi закладання садiв i ягiдникiв вапнування кислих ґрунтiв потрiбно проводити з урахуванням поглиблення орного шару ґрунту до 40 см та вимоги культури. На сильно- i середньокислих суглинистих ґрунтах пiд яблуню, грушу, сливу, вишню, смородину вносять 7–10 т/га  $\text{CaCO}_3$ , а на слабокислих легких – 5–6, для агрусу i малини – 3–4 т/га  $\text{CaCO}_3$ . Якщо на площi вапнування не проводилося, то вапно можна вносити у посадочну яму, змiщуючи його з ґрунтом: пiд сливу i вишню – 3–5 кг, яблуню i грушу – 2–3, агрус i малину – 0,1–0,2 кг  $\text{CaCO}_3$ . Пiд дорослi плодоягiднi культури, якщо ґрунт кислий, вапно можна вносити у пристовбурнi смуги в рекомендованих нормах.



Повторне вапнування ґрунту після внесення повної норми вапна проводять через 8–10 років або один раз за ротацію сівозміни. У разі внесення половинних його норм вапнування повторюють через 4–5 років. Крім того, невеликі кількості вапна застосовують у суміші з мінеральними добривами для нейтралізації їх потенційної кислотності. Цей захід перешкоджає підкисленню ґрунту і значно підвищує ефективність добрив. Вважають, що для нейтралізації 1 т мінеральних добрив потрібно таку кількість вапна, т: для сульфату амонію – 1,2, хлористого амонію – 1,4, аміачної селітри – 0,75, аміаку безводного – 1,5, аміачної води – 0,5, карбаміду – 0,8, суперфосфату гранульованого – 0,1, калію хлористого – 0,15.

Для проведення вапнування досить важливо встановити оптимальну норму вапна з урахуванням особливостей ґрунту та вирощуваних культур. Серед багатьох існуючих нині методів розрахунку найрозповсюдженішим в Україні є розрахунок норми вапна за результатами визначення гідролітичної кислотності за методом Каппена:

$$H_{CaCO_3} = \frac{Hr \times 50 \times 10 \times 3 \times 10^6}{1 \times 10^9} = Hr \times 1,5, \text{ т/га.}$$

Формулу отримано після проведення таких розрахунків. Для нейтралізації 1 смоль кислотності в 1 кг ґрунту (**Hr**) потрібно 1 смоль (або 500 мг) **CaCO<sub>3</sub>**. Якщо цю величину помножити на масу орного шару на 1 га (в середньому для середньосуглинкових ґрунтів  $3 \cdot 10^6$  кг), а для перерахунку міліграмів у тонни поділити на  $10^9$ , то отримаємо повну норму **CaCO<sub>3</sub>**. Якщо вміст діючої речовини у вапнуючих матеріалах зазначено не у вигляді **CaCO<sub>3</sub>**, а у формі **MgCO<sub>3</sub>**, **CaO**, **MgO** чи **Ca(OH)<sub>2</sub>**, то одержану величину (з урахуванням еквівалентної маси цих сполук) відповідно помножимо на коефіцієнт 1,20; 1,79; 2,50; 1,35.

З огляду на світовий досвід, нормативи вапнування піддаються точному розрахунку та ретельному аналізу щодо економічної та екологічної доцільності його проведення. Нині

увага до хімічної меліорації ґрунтів підвищилася. Так, у США норми внесення вапна залежно від реакції ґрунтового розчину коливаються від 6 до 12 т/га. У Німеччині щороку вапнується майже третина сівозмінної площі; тут вносять від 5 до 10 і більше т/га  $\text{CaCO}_3$  під час докорінної меліорації ґрунтів, а за підтримувального вапнування – не більше 1 т/га  $\text{CaCO}_3$ . В Англії, країні з добре розвиненими традиціями вапнування ґрунтів, вносять в середньому по 4,4 т/га  $\text{CaCO}_3$ . Вчені Австралії вважають, що за розкидного внесення вапна не слід застосовувати більше 2,5 т/га, оскільки буде знижуватися доступність рослинам магнію і мікроелементів.

Нині на виробництві все частіше (поряд з вищезазначеним методом) застосовують розрахунок норми вапна за нормами його витрат на зміщення величини  $\text{pH}_{\text{сол.}}$  (табл. 2.3):

$$N_{\text{CaCO}_3} = \Delta \text{pH} \cdot A \cdot 10,$$

де  $\Delta \text{pH}$  – заплановане зміщення  $\text{pH}$  ( $\text{pH}$  оптимальне –  $\text{pH}$  фактичне);

$A$  – витрати  $\text{CaCO}_3$  для зміщення  $\text{pH}$  на 0,1, т/га (табл. 2.4);

10 – коефіцієнт для перерахунку в тонни на 1 га.

Таблица 2.4

**Нормативи витрат  $\text{CaCO}_3$  для зміни показника  $\text{pH}_{\text{сол.}}$  ґрунту на 0,1 частки, т/га**

Ґрунти	Гранулометричний склад ґрунту	Кислотність ґрунту		
		$\text{pH} < 4,5$	4,5–5,0	5,0–5,5
Дерново-підзолисті	Піщаний і супіщаний	0,45	0,61	0,63
	Легко- і середньосуглинковий	0,71	0,81	0,84
Сірі лісові, чорно-земи опідзолені	Піщаний і супіщаний	0,48	0,62	0,65
	Легко- і середньосуглинковий	0,66	0,80	0,91
	Важкосуглинковий	0,68	0,81	0,93

Орієнтовні норми вапна можна визначити і за величиною  $pH_{\text{сол.}}$  з урахуванням гранулометричного складу ґрунту (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

**Норми  $\text{CaCO}_3$  (т/га) залежно від показника  $pH$  і гранулометричного складу ґрунту за вмісту гумусу менш як 3 % (рекомендації ВІДА)**

Ґрунти	$pH_{\text{сол.}}$					
	< 4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,2–5,4
Супіщані і легкосуглинкові	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
Середньо- і важкосуглинкові	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5

Для визначення потреби ґрунтів у повторному вапнуванні проводять додаткове агрохімічне обстеження.

Середня періодичність вапнування ґрунтів у різних регіонах України неоднакова: у Передкарпатті, Карпатах і Закарпатті – 4–6 років, Поліссі – 6–7, Лісостепу – 6–9 років.

Враховуючи різне відношення сільськогосподарських культур до реакції ґрунтового розчину, вапно в ґрунт вносять з таким розрахунком, щоб його максимальна дія виявлялася на культурах першої і другої груп та меншою мірою – на культурах третьої і четвертої груп. У Лісостепу вапно найкраще вносити під попередники тих культур, які добре реагують на проведені вапнування. За безплужного обробітку ґрунту і монокультури кукурудзи вапнування проводять у два рази частіше половинними нормами вапна. Перенасичення ґрунту вапном знижує доступність рослинам мікроелементів. Наприклад, цинку – кукурудзі, магнію і заліза – сої.

## 2.4. ВАПНЯНІ ДОБРИВА

Вапняні добрива поділяють на три групи: промислового виробництва (отримують розмелюванням твердих карбонатних

---

---

порід, наприклад, вапнякове і доломітове борошно); відходи промисловості, які мають високий вміст вапна (металургійні шлаки, цементний пил, дефекат, сланцева зола та ін.); місцеві добрива з пухких (м'яких) карбонатних порід (туф, гажа, мергель та ін.), які, зазвичай, не потребують розмелювання.

*Тверді карбонатні породи* залежно від вмісту кальцію і магнію називають вапняками (50–55 %  $\text{CaO}$  і до 1 %  $\text{MgO}$ ), доломітизованими вапняками (40–55 %  $\text{CaO}$  і до 9 %  $\text{MgO}$ ) та доломітами (25–32 %  $\text{CaO}$  і до 14–20 %  $\text{MgO}$ ). За вмістом до 5 % домішок (глина, пісок та ін.) породи називають **чистою**.

Найм'якішою із твердих порід є крейда, яка містить до 55 %  $\text{CaO}$  і лише до 0,6 %  $\text{MgO}$ . Вона легко розмелюється, тому трохи ефективніша порівняно із вапняком, особливо у перший рік внесення.

Якість вапняних добрив оцінюють не лише за вмістом сполук, які нейтралізують кислотність ґрунту, а й за тониною (тонкістю) помелу. Чим тонше помел добрива, тим швидше і повніше воно взаємодіє з ґрунтом, та швидше нейтралізує кислотність ґрунту.

*Вапняне борошно* отримують розмелюванням вапняків. У воді воно важкорозчинне, тому ефективність його значно залежить від тонины помелу. Вапняне борошно має містити карбонатів кальцію і магнію у перерахунку на  $\text{CaCO}_3$  не менш як 85 %.

*Доломітове борошно* отримують розмелюванням доломіту, який має містити карбонатів кальцію і магнію в перерахунку на  $\text{CaCO}_3$  – 80–110 %. Особливо ефективне доломітове борошно на бідних на магній піщаних і супіщаних ґрунтах. Під час внесення повної норми доломітового борошна негативний вплив вапнування на картоплю і льон відсутній або значно менший, ніж при внесенні повної норми інших вапняних добрив.

*Відходи промисловості*. За обсягами застосування вони займають значну частку серед вапняних добрив і за ефективністю не поступаються вапняному борошну, оскільки до їх

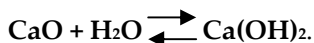
---

---

складу в значній кількості входять органічні речовини, фосфор, сірка, різні мікроелементи. Проте деякі з відходів містять домішки, що негативно впливають на розвиток рослин, зокрема на початку росту. Це слід враховувати при застосуванні їх для вапнування ґрунтів, особливо у високих нормах.

**Палене і гашене вапно.** При випалюванні твердих вапняних порід добувають палене вапно, основою якого є оксиди кальцію і магнію.

За тривалого відкритого зберігання палене вапно, взаємодіючи з вологою, утворює гідрооксиди – гашене вапно:



Гашене вапно, як відходи виробництва, отримують на вапняних заводах та під час виробництва хлорного вапна. За нейтралізуючою здатністю 1 т гашеного вапна рівнозначна 1,35 т  $\text{CaCO}_3$ .

Розчинність гашеного вапна  $\text{Ca(OH)}_2$  у 100 разів більша, ніж  $\text{CaCO}_3$ . Тому це швидкодіюче вапняне добриво найкраще використовувати для вапнування глинистих і важкосуглинкових ґрунтів. Вносять його за два тижні до сівби сільськогосподарських культур. Унаслідок більш швидкого вимивання кальцію післядія гашеного вапна менша, ніж вапняного борошна.

**Дефекат** – це відходи цукрових заводів після перероблення коренеплодів буряку цукрового.

Сухий дефекат вологістю не більше ніж 20 % містить 60–75 %  $\text{CaCO}_3$ , 10–15 – органічних речовин, 0,2–0,7 – N, 0,2–0,9 –  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 0,3–1,0 %  $\text{K}_2\text{O}$  та інші елементи живлення. Тому за ефективністю для всіх культур дефекат значно переважає вапняне борошно. Дефекат ефективний на ґрунтах з гідролітичною кислотністю не менш як 2 смоль/кг ґрунту.

Для вапнування кислих ґрунтів серед відходів промислових підприємств також можна використовувати металургійні

шлаки, цементний пил, флотаційні відходи, золу (сланців, кам'яного вугілля, торфу), доломітовий пил, дунітове борошно, газове і содове вапно, підзол, відходи целюлозно-паперового виробництва, карбідне вапно.

**Місцеві вапняні добрива** – це пухкі (м'які) карбонатні породи, які не потребують розмелювання.

Вони швидше діють, тому ефективніші, ніж молоті вапняки. До них належать вапняні туфи, гажа, мергелі, торфотуфи, природне доломітове борошно.

## 2.5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВАПНУВАННЯ ҐРУНТІВ

Ефективність вапняних добрив залежить від форм, норм, строків і способів їх внесення у ґрунт, чутливості культур і властивостей ґрунту, поєднання вапнування із застосуванням органічних та мінеральних добрив. Що вища кислотність ґрунту і вища норма вапна, то більша ефективність від вапнування. Приріст урожаю від застосування оптимальних норм вапна значною мірою залежить від біологічних особливостей сільськогосподарських культур (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

**Приріст урожайності сільськогосподарських культур від застосування оптимальних норм вапна на кислих ґрунтах, ц/га**

Культура	Полісся	Лісостеп	Прикарпаття і Закарпаття
1	2	3	4
Пшениця озима	2,0 – 5,5	1,9 – 3,6	3,5 – 5,9
Жито озиме	2,0 – 4,0	1,5 – 2,0	2,0 – 5,0
Ячмінь	2,0 – 6,8	2,0 – 3,0	2,8 – 9,0
Овес	0,6 – 1,5	–	–
Кукурудза (зерно)	3,0 – 9,8	2,9 – 7,3	4,8 – 8,8
Люпин (зерно)	0,5 – 2,6	–	1,2 – 1,5

1	2	3	4
Гречка	1,4 – 2,7	–	–
Буряк цукровий	–	17 – 50	30 – 76
Горох	1,8 – 3,4	1,8 – 4,0	4,7 – 9,0
Льон (волокно)	0,5 – 2,1	–	1,8 – 2,0
Конюшина (сіно)	8 – 20	2 – 10	15 – 40
Люцерна (сіно)	–	27 – 46	44
Картопля	19 – 50	10 – 28	23 – 52

Ефективність мінеральних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах, навіть у сівозміні з такими стійкими до кислотності ґрунту культурами, як картопля, люпин, льон, жито озиме, зростає за умов вапнування на 20–30 %, а гною – на 15–20 %.

За сумісного внесення добрив та вапна під культури, що дуже реагують на вапнування ґрунту (люцерна, конюшина, буряк, ріпак, ячмінь, кукурудза, пшениця, горох), ефективність мінеральних добрив залежно від умов їх застосування зростає на 30–90 %, а органічних – на 20–40 %.

Вапнування впливає також на якість вирощеної продукції: підвищується вміст білка в зерні, цукру в коренеплодах, каротину й аскорбінової кислоти в овочах і травах, поліпшується якість насіння.

Вапнування має поєднуватися з внесенням добрив, що значно підвищує їх взаємну ефективність. Вапно пришвидшує процеси мінералізації органічних добрив та одночасно посилює використання елементів живлення рослинами та впливає на властивості ґрунту. Окупність органічних добрив значно підвищується. Це іноді дає змогу зменшити їх норму, а, відповідно, збільшити удобрювану ними площу.

Оскільки вапняні добрива повільно взаємодіють з ґрунтом, найбільша ефективність від вапнування виявляється на 2–3-й рік після внесення. Позитивний вплив повної норми вапна на врожай виявляється впродовж 8–10 років. За цей час на середньо- і сильнокислих ґрунтах кожна тонна вапна в сівозміні

---

---

забезпечує приріст урожайності культур 1,2–1,5 т/га у перерахунку на зерно.

З урахуванням кон'юнктури ринку і нових економічних умов окупність витрат на проведення вапнування може значно змінюватися. Проте незаперечно одне – кожний землекористувач має знати, що вапнування кислих ґрунтів – основний і обов'язковий елемент системи удобрення за будь-яких умов господарювання.

## 2.6. ГІПСУВАННЯ СОЛОНЦЮВАТИХ І СОЛОНЧАКУВАТИХ ҐРУНТІВ

**Гіпсування** – це внесення гіпсу з метою хімічної меліорації солонцюватих і солончакуватих ґрунтів, які мають велику частку натрію в ГВК і лужну реакцію, що й зумовлює несприятливі фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні властивості та низьку родючість ґрунту.

Теоретичною основою гіпсування є концепція К.К.Гедройця про провідну роль обмінного натрію в солонцевому процесі ґрунтоутворення. Дія гіпсу виявляється в тому, що внесений кальцій витісняє обмінний натрій з ГВК, створюючи перевагу іонів кальцію в ґрунтовому розчині, внаслідок чого зменшується рухомість ґрунтових колоїдів (гумусу, глини та ін.), нейтралізується лужність і створюються умови для окультурення ґрунту.

Гіпс ефективно діє лише в тому випадку, коли підґрунтові води розташовані глибше 1,2–1,5 м. В іншому випадку продукти обмінних реакцій (сульфат натрію та ін.) не виносяться вниз по ґрунтовому профілю й розсолювання не відбувається.

Лужна реакція ґрунту несприятлива для вирощування більшості сільськогосподарських культур, знижує доступність для рослин фосфору, заліза, марганцю й бору. Основною причиною загибелі рослин на засолених ґрунтах є високий осмотичний тиск ґрунтового розчину, який перевищує тиск їх



---

---

клітинного соку, внаслідок чого зменшується надходження води в окремі тканини, збільшується транспірація, погіршується асиміляція, дихання та утворення цукрів, що призводить до висихання й загибелі рослин.

Потреба у хімічній меліорації солончакуватих ґрунтів зростає (від слабкої до середньої і сильної) зі збільшенням частки натрію в ГВК з 5 до 20 %. Тому гіпсування більш потребують солончакуваті ґрунти (містять 10–20 % іонів  $\text{Na}^+$ ) і солонці (містять більше 20 % іонів  $\text{Na}^+$  у ГВК).

Властивості слабосолонцюватих ґрунтів поліпшують за допомогою землювання і фітомеліорації.

**Землювання** – це засипання солонцюватих плям родючим (зазвичай чорноземом) шаром 15–20 см ґрунту.

**Фітомеліорація** – раціональний підбір культур та оптимальних технологій їх вирощування.

Так, частка пару та інших культур у сівозміні (люцерна, буркун, багаторічні злакові трави та ін.) мають сприяти розсоленню і розсолонцюванню із застосуванням інших видів меліорації (гіпсування, кислування, землювання, самогіпсування). Наприклад, конюшина і люцерна мають глибоку кореневу систему, завдяки чому відбувається переміщення з глибоких шарів ґрунту (материнської породи) кальцію та накопичення його в орному шарі. Кальцій витісняє з ГВК натрій, що сприяє розсоленню ґрунту, і його лужна реакція зміщується у бік нейтральної.

У контексті проведення земельної реформи у районах поширення солонцевих ґрунтів передбачають виведення з ріллі сильносолонцюватих ґрунтів і солонцевих комплексів, де плями солонців займають 50 % і більше, для запровадження на них культурних сіножатей і пасовищ. Для їх створення залучають адаптовані до ґрунтових умов соле- та солонцестійкі трави

---

---

(покісниця, канаркова трава, буркун, лядвинець, стоколос, суданська трава та ін.).

У посушливих районах Степу, де під солонцевим горизонтом на глибині 30–50 см залягають багаті на гіпс і карбонати кальцію шари ґрунту, гіпсування здійснюється за методом самогіпсування. Для цього проводять плантажну оранку на глибину 50–60 см (залежно від глибини залягання гіпсоносного шару ґрунту). Багатий на кальцій шар ґрунту під час оранки виноситься на поверхню і перемішується із солонцевим горизонтом. Сіль  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (глауберова сіль), що утворюється внаслідок взаємодії кальцію гіпсу з ГВК, поступово вимивається у нижні шари ґрунту, а кислотність ґрунтового розчину зміщується у бік нейтральної. Плантажна оранка солонців також сприяє руйнуванню досить щільного водонепроникного мулуватого горизонту, в якому затримуються всі мулувато-пилуваті часточки, що переважно розміщуються на глибині 18–20 см. Крім того, поліпшуються фізичні, фізико-хімічні властивості і водний режим солонців, створюються сприятливі умови для збагачення ґрунту рухомими формами елементів живлення та для вимивання легкорозчинних солей. Післядія плантажної оранки виявляється впродовж 50 років.

Норми гіпсу визначають за еквівалентною кількістю натрію в ГВК, яка має бути замінена на кальцій. Різниця між загальною кількістю обмінного натрію і безпечною його кількістю в ґрунті (зазвичай 5–10 % ємності катіонного обміну) становить кількість натрію, яку потрібно замінити на кальцій. Для заміщення 1 г натрію за еквівалентною масою потрібно 0,086 г  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Виходячи з цього, норму гіпсу  $\text{H}$  (т/га) розраховують за такою формулою:

$$\text{H} = 0,086(\text{Na} - \text{K} \cdot \text{T}) \cdot \text{H} \cdot \text{d},$$

де 0,086 – 1 мг-екв  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , г;

$\text{Na}$  – вміст натрію;

---

---

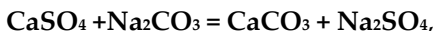
**К** – частка допустимого вмісту натрію в ємності катіонного обміну ґрунту (0,05–0,1), за якої гіпсування не проводять;

**Т** – ємність катіонного обміну, мг-екв/100 г ґрунту;

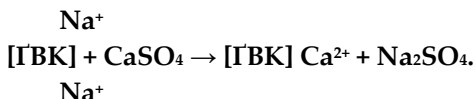
**Н** – товщина меліорованого шару ґрунту, см;

**d** – об'ємна маса меліорованого шару ґрунту, г/см<sup>3</sup>.

Гіпс, попадаючи в ґрунт, знешкоджує в ґрунтовому розчині соду, яка є шкідлива для розвитку рослин:



а кальцій поступово витісняє натрій із ГВК:



Сульфат натрію, що утворюється, є нейтральною сіллю. У невеликих кількостях він не шкідливий для рослин, але при гіпсуванні солонців, де вміст натрію в ГВК більше ніж 20 %, його потрібно видаляти, вимиваючи із кореневмісного шару ґрунту.

Взаємодіючи з ґрунтом, гіпс одночасно діє на рослини, оскільки є додатковим джерелом кальцію та сірки і може бути ефективним добривом на будь-яких (а не лише на лужних) ґрунтах.

Для гіпсування ґрунтів використовують гіпс та інші відходи хімічної промисловості (фосфогіпс, глиногіпс).

Нині як меліоранти використовують хлорид кальцію, сірку, сульфат заліза, сульфат алюмінію, дефека́т, неорганічні кислоти (сірчану, соляну, азотну) тощо. Вибір меліоранта визначається ефективністю його впливу на ґрунт та відповідною властивістю ґрунту.

Ефективність гіпсування солонців у лісостеповій зоні досить висока. Після одноразового внесення гіпсу в нормі 10 т/га прибавка врожаю зерна колосових культур щороку впродовж 7–8 років становить 0,5 т/га, однорічних трав – 2,5, а багаторічних –

---

---

3,5 т/га. У середньому за 8–10 років у степовій зоні вона дещо нижча – 0,3–0,4 т/га.

Плантажна оранка забезпечує середньорічний приріст урожайності зернових культур у межах 0,4–1,0 т/га.

У богарних (незрошуваних) умовах меліорант повільніше взаємодіє з ґрунтом, тому його дія триваліша, а повний ефект досягається лише на 4–5-й рік. Отже, для підвищення ефективності гіпсування потрібно сприяти підвищенню вологозабезпеченості ґрунту.

Ефективність гіпсування ґрунтів підвищується за поєднаного внесення органічних і мінеральних добрив. Серед мінеральних добрив у цьому разі ефективніші фізіологічно та гідролітично кислі форми.

Зміна агрохімічних і фізичних властивостей солончакуватих ґрунтів відбувається досить повільно, але зберігається тривалий час. Тому повторну меліорацію, якщо це потрібно, проводять не раніше ніж через 10 років.

### **? Питання для самоконтролю**

1. Охарактеризуйте групи культур за відношенням до кислотності ґрунту і вапнування.

2. Як впливає підвищення кислотності на властивості ґрунту і рослини?

3. Яке значення має кальцій для ґрунту і живлення рослин?

4. Яке значення має магній для ґрунту і живлення рослин?

5. Як визначити потребу ґрунту у вапнуванні та норму вапна?

6. Назвіть способи і строки внесення вапняних добрив?

7. Назвіть вапняні добрива та охарактеризуйте їх.

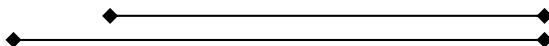
8. Які особливості проведення вапнування у різних типах сівозмін?

---

---

## Розділ 3

# МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА, ЇХ ВЛАСТИВОСТІ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ



### 3.1. КЛАСИФІКАЦІЯ АГРОХІМІЧНИХ ЗАСОБІВ

Важливою умовою сільськогосподарського виробництва є підвищення врожаїв різних культур і їх збереження від шкідливих організмів – бур'янів, шкідників і хвороб. Поряд з добривами у сільському господарстві використовують велику кількість агрохімічних засобів для поліпшення властивостей ґрунту, захисту врожаю (боротьба з тваринами, рослинами та мікроорганізмами, що завдають шкоди сільськогосподарському виробництву), регулювання фізіологічних процесів у рослині.

**Добрива** – це органічні та неорганічні сполуки природного або промислового походження, що дають змогу поліпшувати живлення рослин й підвищувати родючість ґрунту.

За характером дії на рослини поділяють на добрива прямої і побічної дії. Добрива прямої дії використовують для безпосереднього забезпечення рослин необхідними елементами живлення (азотні, фосфорні, калійні та ін.). Добрива побічної дії

---

---

вносять у ґрунт для їх впливу на фізико-хімічні та мікробіологічні властивості (вапно, гіпс, цеоліт та ін.).

За походженням добрива поділяють на мінеральні, органічні та органо-мінеральні. Виділяють також бактеріальні препарати. *Мінеральні* або *штучні добрива* – це спеціально вироблені на хімічних підприємствах неорганічні речовини або природні поклади руд (переважно мінеральні солі). До них належать також і деякі органічні речовини, наприклад, карбамід. *Органічні добрива* містять елементи живлення, переважно у складі органічних сполук і є зазвичай продуктами природного походження – торф, солом, гній та ін. *Органо-мінеральні добрива* – це суміші органічних і мінеральних добрив. *Бактеріальні препарати* містять культури мікроорганізмів, здатних накопичувати в ґрунті доступні для рослин форми поживних речовин. Речовини, які використовують для боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами рослин, називають *пестицидами*, або *сільськогосподарськими отрутохімікатами*.

Отрутохімікати, які застосовують для боротьби із шкідливими для рослин комахами, називають *інсектицидами*. Препарати, призначені для боротьби з паразитуючими на рослинах грибами і вірусними хворобами, називають *фунгіцидами*, а для боротьби зі збудниками бактеріальних хвороб рослин – *бактерицидами*.

Багато препаратів використовують як *антисептичні засоби* для знезараження ґрунту, зерна і сховищ, а також як *консервуючі засоби* для харчових продуктів і товарної сировини. Для активізації або затримання росту і розвитку рослин використовують фізіологічно активні речовини – *стимулятори*, або *регулятори росту рослин*. Залежно від умов і норм вони по-різному впливають на рослини: у малих нормах вони, зазвичай, активізують їх ріст, а у великих, навпаки, затримують або повністю припиняють його. Особливо ефективно використо-

---

---

вувати регулятори росту для знищення бур'янів. Препарати, які застосовують із цією метою, називають *гербіцидами*.

Для підвищення продуктивності праці в сільському господарстві застосовують *багатофункціональні комплекси препаратів* – гранульовані продукти, до складу яких входять добрива, інсектофунгіциди, гербіциди, стимулятори росту тощо.

У багатьох випадках одні й ті самі речовини використовують для різних потреб. Наприклад, карбамід – одне з найкращих азотних добрив, але його можна застосовувати як гербіцид, кормову добавку або напівпродукт для виробництва пластмас тощо.

У зв'язку з цим встановлено певні вимоги до якості продуктів, які узгоджені між виробником і споживачем відповідними нормативними актами. Згідно з ними, добрива та інші солі випускають різних сортів за вмістом основних і баластних речовин, величини гранул, вологості та ін. Вони передбачають застосування певних видів тари і методів проведення аналізу продуктів.

**Мінеральні добрива** – це продукти промислового або природного походження, що містять елементи живлення в мінеральній формі.

Іноді їх називають туками, а промисловість мінеральних добрив – туковою промисловістю. Мінеральні добрива класифікують за хімічним і фізичним станом, характером взаємодії з ґрунтом, способом виробництва.

**Елементи живлення** – це елементи, потрібні для росту й розвитку рослин. Їх поділяють на макро- і мікроелементи.

**Макроелементи** містяться в ґрунті та в рослинах у кількостях від кількох до сотих часток відсотка (на суху речовину). До них належать: **N, P, K, Ca, Mg, S**. Три елементи

---

---

живлення — азот, фосфор, калій — називають основними і їх засвоюють рослини у найбільших кількостях.

*Мікроелементи* – це бор, марганець, мідь, молібден, цинк тощо, вміст яких у ґрунтах і рослинах не перевищує тисячних часток відсотка.

*Діюча речовина добрив* – це вміст у добривах основних елементів живлення. За видами елементів живлення мінеральні добрива поділяють на азотні, фосфорні (фосфатні), калійні (калієві), магнієві (або магнезіальні) та ін.

*Форми мінеральних добрив* характеризують їх види за хімічним складом, наприклад, аміачна селітра, суперфосфат гранульований, калій хлористий та ін. Кількісне відношення діючої речовини, винесеної з урожаєм, до внесеної з добривом називають *коефіцієнтом використання діючої речовини добрив*.

За вмістом основних елементів живлення добрива поділяють на *однокомпонентні* або *прості* (містять один основний елемент живлення) і *комплексні* (містять два або три основних елементи живлення). За кількістю основних елементів живлення комплексні добрива називають *подвійними* (NP, PK, NK) і *потрійними* (NPK), останні називають також *повними*.

Крім того, за консистенцією комплексні добрива поділяють на змішані та складні. *Змішаними* називають добрива, отримані внаслідок простого механічного змішування готових порошкоподібних (кристалічних) або гранульованих однокомпонентних або складних добрив. Якщо добрива, що містять кілька елементів живлення, отримано внаслідок хімічної реакції в заводських умовах, його називають складним (амофос, калієва селітра тощо). *Складні* добрива містять однорідні часточки, кристали чи гранули і мають однаковий або близький хімічний склад. Крім того, вони можуть містити елементи живлення в кількох формах. Складні добрива можуть бути рідкими. Поділ добрив на складні та змішані певною мірою умовний. Змішані добрива під час зберігання нерідко стають



---

---

складними внаслідок реакції, що відбувається між компонентами суміші.

*Складнозмішаними* називають добрива (наприклад, кристалон), отримані після змішування готових однокомпонентних і складних добрив та введенням до них газоподібних і рідких сплавів (розчинів) з наступним затвердінням суміші, що супроводжується перекристалізацією та іншими процесами.

Добрива, всі компоненти яких використовуються для живлення рослин, називають *безбаластними*, наприклад,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

*Багатофункціональними* називають мінеральні добрива, що містять, крім елементів живлення, речовини, які специфічно впливають на рослини і ґрунт – затримують або прискорюють дію добрив, стимулюють розвиток рослин, поліпшують структуру ґрунту тощо.

За агрегатним станом добрива поділяють на *тверді, рідкі і газоподібні* (застосовують під накриттями, наприклад, діоксид вуглецю). Тверді добрива бувають *порошкоподібними* (розмір часточок  $< 1$  мм), *кристалічними* (розмір кристалів  $> 5$  мм) і *гранульованими* (розмір гранул 1–5 мм).

Вплив добрив на врожайність сільськогосподарських культур, якість продукції і родючість ґрунту визначає їх ефективність. Дію добрив на продуктивність сільськогосподарської культури впродовж одного вегетаційного періоду називають *прямою*. Дію добрив, внесених під попередник на другий і наступні роки, називають *післядією*. Ефективність взаємодії добрив визначається сумісною дією двох і більше елементів живлення порівняно з роздільним їх внесенням.

Вміст елементів живлення в добриві – це наявність елементів живлення, які засвоюються рослинами і розчиняються у воді, нейтральному цитратному розчині, розчині лимонної кислоти, 2 %-му розчині мурашиної кислоти. У більшості країн світу елементи живлення виражають в елементах. В Україні позначення вмісту елементом використовують лише для азоту.

Інші елементи живлення виражають поки що в перерахунку на оксиди –  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  тощо. Для перерахунку вмісту елементів живлення із оксидів на елементи живлення і навпаки користуються такими коефіцієнтами:

N – не перераховується	N – не перераховується
$P_2O_5 \cdot 0,44 = P$	$P \cdot 2,29 = P_2O_5$
$K_2O \cdot 0,83 = K$	$K \cdot 1,20 = K_2O$
$CaO \cdot 0,71 = Ca$	$Ca \cdot 1,40 = CaO$
$MgO \cdot 0,60 = Mg$	$Mg \cdot 1,60 = MgO$

Відсотковий склад комплексних добрив найчастіше записують скорочено. Вміст елементів живлення виражають цифрами, розділеними між собою, зазвичай, рисками. При цьому перша цифра завжди показує вміст N, друга –  $P_2O_5$ , третя –  $K_2O$ . У двокомпонентних добривах елемент, який відсутній, позначають нулем. Співвідношення елементів живлення у комплексних добривах також виражають цифрами, наприклад, якщо склад добрива 10–15–10, то розуміють, що воно містить 10 % N, 15 –  $P_2O_5$  і 10 %  $K_2O$ , а співвідношення елементів живлення у ньому становить 1 : 1,5 : 1.

Під сільськогосподарські культури добрива вносять у певних кількостях, що визначаються нормами і дозами. Норма добрив – це загальна кількість добрив, внесених під сільськогосподарські культури за період їх вирощування, а кількість добрив, внесених за один раз, називають дозою добрив.

## 3.2. АЗОТ І АЗОТНІ ДОБРИВА

### 3.2.1. Особливості живлення рослин азотом

**Азот** – один з основних біогенних елементів. Він входить до складу білкових речовин і багатьох інших природних життєво

---

---

важливих для рослин органічних сполук: ліпоїдів, хлорофілу, алкалоїдів, фосфатидів, нуклеопротейдів, різних ферментів. Вміст азоту в деяких рослинних білках становить 14,7–19,5 %. У сухій речовині рослин його вміст коливається від 0,4 до 5 %. Найбільше азоту в насінні зернових (1,5–3 %) і зернобобових (2,5–5 %) культур на суху речовину, тоді як у соломі зернових злаків не більш як 0,4–0,6 %. Потреба сільськогосподарських культур в азоті порівняно з іншими елементами живлення виявляється частіше і більшою мірою. Ефективність удобрення азотом щодо впливу на врожай – найвища.

Проблему азоту в живленні рослин і землеробстві пояснюють кількома причинами. По-перше, вищі рослини неспроможні безпосередньо використовувати вільний азот із повітря. Лише бобові та деякі інші рослини за допомогою бульбочкових бактерій можуть частково засвоювати цей елемент з атмосфери. По-друге, в земній корі вміст азоту дуже незначний. Отже, більшість ґрунтів містять обмежені його запаси. По-третє, в умовах сучасного землеробства значна кількість азоту непродуктивно втрачається як із самого ґрунту, так і з внесених добрив.

У природних умовах основним джерелом живлення рослин азотом є аніони  $\text{NO}_3^-$ , катіони  $\text{NH}_4^+$ , а в обмеженій кількості – органічні аніони  $\text{NO}_2^-$ , легкорозчинні амідни та найпростіші амінокислоти. При цьому слід пам'ятати, що бобові рослини завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями здатні поглинати азот з атмосфери. Відношення бульбочкових бактерій і живих рослин взаємкорисні. Рослини однаково використовують амонійну та нітратну форми азоту. За певних умов кращим джерелом азоту для рослин можуть бути катіони  $\text{NH}_4^+$ , за інших – аніони  $\text{NO}_3^-$ . Перевага однієї форми азоту над іншою залежить від реакції середовища, його іонного складу, концентрації в розчині кальцію, магнію, амонійних і нітратних солей, забезпеченості рослин вуглеводами. Так, за кислої реакції середовища рослини краще засвоюють нітратну, а в умовах

---

---

нейтральної – амонійну форму азоту. Кінцевим продуктом засвоєння тієї чи іншої форми азоту є білкові речовини, що утворюються внаслідок синтезу амінокислот.

Рослини поглинають азот і синтезують білок та інші азотисті речовини впродовж усієї вегетації, але інтенсивність цих процесів та вміст азоту як загалом у рослині, так і в окремих її органах різний у різні фази росту й розвитку. Під час проростання насіння запасні білки ендосперму розщеплюються і продукти гідролізу використовуються для побудови білків інших органів рослин.

Найбільше азоту містять молоді рослини. В міру накопичення органічної маси вміст азоту знижується, хоча абсолютне винесення збільшується завдяки безпосередньому надходженню його в рослину у мінеральній формі, яка поглинається з ґрунту. Змінюється також і вміст азоту в деяких органах рослин. Так, наприкінці вегетації азот листкового апарату буряку цукрового впливає на ріст коренеплодів. У зернових культур під час формування зерна відбувається переміщення азоту з листків у зерно. У багаторічних рослин значна частина азоту перед листопадом надходить із листків до стебел і коренів, а навесні знову використовується для росту молодих частин рослин. Процес повторного, іноді багаторазового використання рослиною елементів живлення, засвоєних нею раніше, називають *реутилізацією*.

Участь азоту у важливих процесах життєдіяльності дає змогу регулювати азотне живлення рослин і збільшувати їх продуктивність. Підвищення рівня азотного живлення збільшує засвоєння рослинами інших елементів: **P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn**. Оптимальне азотне живлення рослин підвищує синтез білкових речовин, пришвидшує ріст і затримує старіння рослинного організму, посилює і подовжує життєдіяльність листків. При цьому рослини інтенсивніше ростуть, утворюють міцні стебла і листки яскраво-зеленого кольору, поліпшується формування репродуктивних органів, підвищується продуктив-

---

---

ність. Проте посилене живлення рослин азотом не завжди зумовлює підвищення їх продуктивності. Підтвердженням цьому є приклади із практичної агрохімії. Наприклад, надмірне азотне живлення олійних культур знижує вміст у насінні жиру та підвищує вміст білків. При цьому льон не лише полягає, а й знижується якість його волокна. У рослин тютюну підвищується вміст білків, що погіршує смак, аромат і тонкість диму. Крім того, під час його горіння можливе утворення шкідливих для організму людини канцерогенних нітрозамінів. У плодових культур уповільнюється досягання плодів, підвищується їх чутливість проти фізіологічних захворювань, погіршується забарвлення. Знижуються також смакові якості й аромат, текстура і консистенція м'якоті плодів, що зменшує їх стійкість проти механічного пошкодження під час збирання і зберігання. Овочеві культури, зокрема буряк столовий, листові овочі тощо, накопичують у великих кількостях нітрати. У буряку цукрового знижується цукристість коренеплодів, підвищується вміст небілкового азоту, що знижує вихід цукру.

За недостатнього азотного живлення затримуються ріст і розвиток рослин, внаслідок чого знижується їх продуктивність. Нестача азоту насамперед впливає на зміну забарвлення листків. Спочатку знебарвляються нижні листки: колір змінюється від інтенсивно-зеленого до світло-зеленого, починаючи від верхівки до країв. Поступово листя жовкне, набуває оранжевого і червоно-жовтого відтінків. Жовкнення супроводжується відмиранням листків. Якщо рослини потерпають не від нестачі азоту, а від посухи, то жовкнуть і нижні, і верхні листки.

Внаслідок азотного голодування гальмується ріст рослин, що спостерігається візуально. Стебла стають тонкими, витягнутими, слабо галузяться, розмір листків зменшується, формування репродуктивних органів погіршується. Найчастіше азотне голодування рослин відмічається на погано окультурених ґрунтах, у разі приорювання значної кількості нерозкладеного гною, соломи чи інших рослинних залишків з низьким вмістом

---

---

азоту. Це явище спостерігається, коли весна холодна, сира і в ґрунті повільно накопичується доступний для рослин азот, а також під час посухи після висихання верхнього шару ґрунту та ослаблення життєдіяльності кореневих систем рослин.

Ознаки азотного голодування легко розпізнати на молодих рослинах. Це дає змогу виправити становище їх підживленням. Крім того, в пізніші фази розвитку рослин на забезпеченість їх азотом впливають різні хвороби, агрометеорологічні умови та інші фактори, що ускладнює візуальну діагностику. Тому для більшої впевненості, зокрема у пізні фази розвитку рослин, слід проводити їх діагностику хімічними чи іншими методами.

### **3.2.2. Азотний фонд ґрунту**

Вміст загального азоту в орному шарі різних ґрунтів коливається від 0,05 до 0,3 % і знаходиться в прямій залежності від наявності в них органічних речовин. Найбільше його міститься в чорноземах типових глибоких Лісостепу і чорноземах звичайних північного Степу. Найменший його вміст у дерново-слабопідзолистих і середньопідзолистих ґрунтах Полісся.

Основним джерелом азоту в ґрунті є відмерлі залишки рослин, тварин і мікроорганізмів. У процесі сільськогосподарського використання ґрунтів додаткова кількість азоту надходить з органічними і мінеральними добривами. Залежно від характеру й напрямку ґрунтоутворювального процесу і виробничої діяльності людини загальний запас азоту в орному шарі ґрунту коливається від 2 до 8 т/га, а в метровому шарі – від 4 до 30 т/га.

Забезпеченість сільськогосподарських культур азотом залежить не стільки від загального його вмісту в ґрунті, скільки від наявності мінеральних форм — нітратів та обмінного амонію, вміст яких у ґрунті близько 1 % загальної кількості азоту. Решта азоту міститься в складі органічних, гумусових, білкових та

---

---

інших сполук (94–95 %) або у формі, необмінно фіксованого глинистими мінералами амонію (3–5 %), що майже недоступний або важкодоступний для засвоєння рослинами.

Перетворення азоту в ґрунті поділяють на такі процеси: мінералізацію, тобто утворення мінеральних сполук (амонію, нітратів, нітритів) з органічних речовин, та іммобілізацію — перетворення мінерального азоту на органічні азотні сполуки внаслідок використання його мікроорганізмами для будови білка свого тіла. Після відмирання мікроорганізмів азот знову частково мінералізується, а частково закріплюється в гумусі ґрунту. Обидва ці процеси мікробіологічні. У вищих рослин відбувається процес, аналогічний іммобілізації. У зв'язку з цим нормальне живлення рослин азотом залежить від швидкості процесів мінералізації азотовмісних органічних сполук до доступних амонійних і нітратних форм. Процес відбувається під дією ферментів, що виділяються ґрунтовими мікроорганізмами, за такою схемою: *білки, гумінові речовини* → *амінокислоти, амід* → *аміак* → *нітрити* → *нітрати*.

Цей процес здійснюється у два етапи: *амоніфікація* — органічні азотовмісні речовини розкладаються мікроорганізмами з утворенням аміаку, *нітрифікація* — аміак за допомогою нітрифікуючих бактерій окиснюється до нітритів і нітратів.

Амоніфікації зазнають білки, сечовина, хітин, органічні добрива, гумус тощо. Процес амоніфікації здійснюється поступово впродовж усього вегетаційного періоду за доступу та без доступу повітря, за різної реакції середовища і залежить від типу ґрунту, температури, наявності органічних речовин, вологи тощо. Амоніфікацію зумовлюють численні аеробні та анаеробні мікроорганізми — гнильні бактерії, уробактерії, актиноміцети, гриби.

Амоніфікація відбувається за різної реакції ґрунту, в аеробних і анаеробних умовах, але без доступу повітря за сильноокислої і лужної реакції різко уповільнюється. На її швидкість впливають також температура і вологість ґрунту.

---

---

В анаеробних умовах розкладання азотовмісних сполук закінчується виділенням аміаку, а в аеробних умовах азот аміаку і солей амонію окиснюється до нітратів (солей азотної кислоти). Нітрифікація відбувається в два етапи і здійснюється двома групами нітрифікуючих бактерій. Спочатку нітрифікуючі бактерії (*Nitrosomonas*, *Nitrosolobus* та ін.) окиснюють аміак до азотистої кислоти, а потім нітрифікуючі бактерії (*Nitrosobacter*, *Nitrosococcus* та ін.) окиснюють азотисту кислоту до азотної. Енергію, що виділяється внаслідок цих процесів, бактерії-нітрифікатори використовують для створення органічних речовин свого тіла. Азотна кислота, що утворюється, нейтралізується карбонатами кальцію і магнію або ввібраними основами ґрунту.

Цим і пояснюють посилення процесів нітрифікації під час вапнування кислих ґрунтів. За оптимальних умов основна маса амонійного азоту окиснюється до нітратів за 2–3 тижні (достатній доступ повітря в ґрунт відбувається за 60–70 %-ї його капілярної вологоємності, температури 20–30°C, pH 6...8). У разі зниження температури ґрунту нижче ніж 10–5°C нітрифікація майже припиняється. У посушливих умовах інтенсивність нітрифікації підвищує штучне зрошення, правильний і своєчасний обробіток ґрунту, внесення органічних, фосфорних і калійних добрив.

Інтенсивність нітрифікації залежить також від співвідношення в ґрунті C:N (органічного вуглецю і валового азоту). Якщо співвідношення цих елементів менше ніж 10, то мінералізація здійснюється досить енергійно, якщо перевищує 10 (наприклад, під час внесення в ґрунт соломи або інших органічних залишків з низьким вмістом азоту), то мікроорганізми, розмножуючись, використовують нітратний азот з ґрунту, що зменшує його доступність для рослин.

Процес нітрифікації в ґрунті вважають показником культурного його стану. За високих нітрифікаційних процесів у



---

---

ґрунті утворюються оптимальні умови для життєдіяльності як мікроорганізмів, так і вищих рослин.

Частина газоподібного азоту з ґрунту втрачається внаслідок мікробіологічних процесів у формі  $N_2$ ,  $N_2O$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $NH_3$ . При цьому переважаючими формами втрат азоту є  $N_2$  і  $NO_2$ . Слід зазначити, що основні втрати азоту з ґрунту відбуваються внаслідок денітрифікації.

**Денітрифікація** – відновлення нітратів біологічним або хімічним шляхом до молекулярного азоту або його оксидів. Цей процес відбувається під дією великої групи бактерій-денітрифікаторів. Найінтенсивніше він здійснюється в умовах без доступу повітря, за наявності великої кількості органічних речовин, багатих на клітковину або інші вуглеводи (солома, соломистий гній), і лужній реакції середовища. Навіть у разі зниження температури ґрунту до 1–5°C денітрифікація відбувається досить активно. Збільшення вологості ґрунту з 60 до 90–100 % його вологоємності посилює газоподібні втрати азоту добрив у 1,5–2,5 рази. Тому цю особливість потрібно враховувати як при внесенні азотних добрив восени і напровесні, коли ґрунт тривалий час насичений вологою.

Азотний фонд ґрунтів умовно поділять на певні фракції.

**Азот мінеральних сполук** – основне джерело азотного живлення рослин. До його складу входять нітрати, нітрити, обмінний і фіксований амоній. Нітрати та обмінний амоній є основною частиною мінерального азоту ґрунту. Тому під час його визначення найчастіше враховують лише ці дві форми азоту, які характеризують забезпеченість рослин азотом ґрунту на період визначення.

**Азот легкогідролізованих сполук** – це найближчий резерв для поповнення мінеральних сполук азоту. Він складається з нітратів, нітритів, амонію, амідів, амінокислот, аміноцукрів. Ці форми азоту легко зазнають гідролізу під час оброблення ґрунту слабкими розчинами кислот, лугів, окиснювачів і солей. Дія цих речовин на ґрунт аналогічна дії виділень корневих систем

рослин та інших біологічних об'єктів, що здійснюють мінералізацію азотовмісних сполук. Тому ця фракція сполук азоту в ґрунті характеризує забезпеченість рослин азотом упродовж усього періоду вегетації.

*Азот важкогідролізованих сполук* становить основну частину валового азоту ґрунту. Це резерв для забезпечення ґрунту мінеральним азотом, до якого входять азот амінів, амінокислот, частина фіксованого амонію. Групування ґрунтів за ступенем забезпеченості рослин азотом, за вмістом у ньому азоту гідролізованих сполук та нітрифікаційною здатністю наведено у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

**Групування ґрунтів за вмістом азоту легкогідролізованих  
сполук щодо здатності забезпечувати ним  
сільськогосподарські культури**

Група	Ступінь забезпеченості рослин	За методом		
		Тюріна – Кононової	Корнфілда	Кравкова (нітрифікаційна здатність)
		мг/кг ґрунту		
1	Дуже низька	< 30	< 100	< 5
2	Низька	30 – 40	100 – 150	5 – 8
3	Середня	40 – 50	150 – 200	8 – 15
4	Підвищена	50 – 70	> 200	15 – 30
5	Висока	70 – 100	–	30 – 60
6	Дуже висока	> 100	–	> 60

*Азот негідролізованих сполук* майже не бере участі в азотному живленні рослин з ґрунту. У негідролізованій фракції залишається азот гетероциклічних сполук (гумінові кислоти, гуміни) та азот сполук, що міцно зв'язані з мінеральною частиною ґрунту.

Для визначення забезпеченості сільськогосподарських культур азотом під час вегетації найчастіше визначають вміст у

---

---

грунті його мінеральних форм — амонійної  $\text{NH}_4^{+}_{\text{обм.}}$  і нітратної  $\text{NO}_3^-$  ( $\text{N}_{\text{мін.}} = \text{NH}_4^{+}_{\text{обм.}} + \text{NO}_3^-$ ). Вміст мінерального азоту в ґрунті залежить від вмісту в ньому гумусу і змінюється від незначної кількості (слідів) до 2 % (валової кількості). Упродовж вегетаційного періоду спостерігається два максимуми та один мінімум вмісту мінерального азоту в ґрунті. Перший максимум припадає на весну (на початок вегетації), другий – на осінь (після збирання врожаю), мінімум при цьому припадає на літній період.

Залежно від ґрунтово-екологічних умов частка нітратного азоту в складі мінерального значно залежить від типу ґрунтів. У малородючих ґрунтах частка нітратного азоту становить 20–30 %. З підвищенням родючості вона збільшується до 40–50 %. Слід зазначити, що завдяки легкому перетворенню цих форм азоту кількість їх постійно змінюється без прямої залежності від загальних запасів азоту в ґрунті. Внесення азотних добрив підвищує частку нітратного азоту в ґрунті в складі мінерального до 80 %, а на високородючих ґрунтах навіть більше.

Виділений під час мінералізації органічних речовин та внесений у ґрунт з добривами амоній, маючи позитивний заряд, засвоюється негативно зарядженими колоїдами ґрунту, частково залишається в ґрунтовому розчині та частково закріплюється в необмінній (фіксованій) формі. У зв'язку з цим він мало переміщується в ґрунті.

Амоній окиснюється мікроорганізмами до нітратів, які в ґрунті досить рухомі. Маючи негативний заряд, нітрат-іони не адсорбуються ГВК та не утворюють нерозчинних солей із жодним з катіонів. Вони постійно перебувають у розчиненому стані й пересуваються по профілю ґрунту з водою. Тому такі фактори, як водопроникність і водоутримувальна здатність ґрунту, пов'язані з його гранулометричним складом, кількість опадів, що проникає в ґрунт в осінньо-зимово-весняний період та під час зрошення, концентрація нітратів, форма добрив і час їх внесення постійно впливають на цей процес. Найбільше

---

---

нітрати пересуваються вниз по профілю ґрунту навесні, коли він має найменшу вологоємність.

Порівняно з іншими елементами мінерального живлення рослин, зміни азотного режиму в часі (впродовж року) і в просторі (на площі і по профілю ґрунту) створюють значні ускладнення для діагностики та завчасного прогнозування ефективності азотних добрив.

### 3.2.3. Колообіг азоту в природі

*Малий колообіг азоту* – це процес перетворення азоту в ґрунті. Він включає біологічну фіксацію атмосферного (молекулярного) азоту, його мінералізацію (амоніфікацію і нітрифікацію), денітрифікацію й іммобілізацію. У центрі цього колообігу знаходиться біомаса ґрунту. Мінералізація й іммобілізація азоту відбуваються в протилежних напрямках і визначають його трансформацію. Мікробна маса, на яку припадає 2–3 % загального вмісту азоту ґрунту, при цьому відіграє важливу роль. Вона одночасно є тимчасовим резервом для продуктів мінералізації, джерелом трансформованого азоту для рослин і каталізатором для процесів перетворення азоту в ґрунті.

Співвідношення процесів мінералізації і накопичення органічних азотовмісних речовин визначає азотний режим ґрунту. Воно залежить також від антропогенних факторів, тобто впливу діяльності людини на ґрунт у процесі його сільськогосподарського використання.

У *внутрішньогосподарському колообігу азоту*, крім того, беруть участь тварини. Тому азот, що виноситься з ґрунту врожаєм сільськогосподарських культур, повертається знову разом з органічними добривами. У господарському колообігу сучасного виробництва втрати азоту переважають над його надходженням у ґрунт. Це відбувається внаслідок виведення з колообігу азоту врожаєм культур і продуктів тваринництва, що вивозяться за межі господарства.

Геологічний колообіг охоплює широке коло процесів, що відбуваються в природі, внаслідок чого одночасно проходить поповнення запасів азоту в ґрунті та його втрати (рис. 3.1).

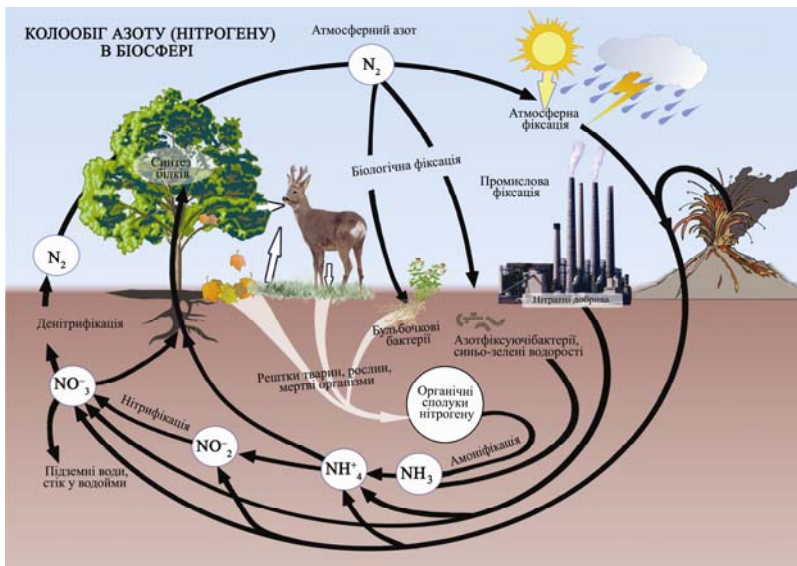


Рис. 3.1. Схема колообігу азоту в природі

Запаси азоту в ґрунті поповнюються переважно внаслідок азотфіксувальної здатності мікроорганізмів (біологічний азот) і надходження з атмосферними опадами. Розрізняють симбіотичну і несимбіотичну азотфіксацію. Бобові рослини, які завдяки симбіозу з бубльочковими бактеріями здатні засвоювати атмосферний азот і збагачувати ним ґрунт, називають *азотонакопичувачами*. Найбільшу азотфіксувальну здатність мають багаторічні бобові трави – люцерна, конюшина, еспарцет, буркун, з однорічних – люпин, кормові боби. Найменшою азотфіксувальною здатністю відзначається горох. Азотфіксація значно змінюється залежно від культури, її врожайності, властивостей ґрунту, внесених добрив і т. ін.

---

---

Фіксація азоту з повітря також відбувається несимбіотичними (вільноіснуючими) азотфіксувальними мікроорганізмами ґрунту (азотобактерії, клостридіум та ін.), ризосферними мікроорганізмами (асоціативна азотфіксація).

За рахунок цих мікроорганізмів, численні представники яких населяють ґрунт, за рік накопичується 5–15 кг/га зв'язаного азоту; за сприятливих умов у дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах ця величина може сягати 20–25, в чорноземах – 30–40, в умовах, тропіків і субтропіків – 80 кг/га і більше. Фіксований мікроорганізмами в ризосфері рослин азот бере участь у живленні рослин, як і азот, фіксований бульбочковими бактеріями. Атмосферний азот зв'язують також гриби, водорості, які знаходяться в симбіозі з деякими вищими рослинами.

На основі азотобактера (вільноіснуючого азотфіксатора) методами генної інженерії створено бактеріальні препарати, які дають змогу в системі удобрення культур замінити частину азоту мінеральних добрив біологічно фіксованим азотом.

Високі норми мінеральних добрив (понад 60 кг/га д. р.) різко знижують продуктивність вільноіснуючих мікроорганізмів. Депресія триває 2–2,5 міс. після внесення добрив, потім рівень азотфіксації відновлюється і значно перевищує початковий. На ґрунтах із вмістом гумусу більш ніж 2,5 % депресія не спостерігається. Процеси денітрифікації і несимбіотичної азотфіксації спряжені, тобто кількість несимбіотично фіксованого азоту прирівнюється до сумарної кількості його газоподібних втрат з ґрунту, мінеральних і органічних добрив.

Поліпшити азотне живлення небобових культур (пшениці, ячменю, кукурудзи, буряку та ін.) здатні асоціативні азотфіксатори. Наприклад, азоспірілла. Ці мікроорганізми розміщуються в зоні кореневих систем рослин і за сприятливих умов можуть на 30–40 % забезпечити потребу рослин в азоті.

Слід зазначити, що активізації біологічної азотфіксації сприяє вапнування кислих ґрунтів, оптимізація фосфорного і

---

---

калійного живлення рослин, внесення фізіологічно виправданих норм мінерального азоту або його повне виключення.

Запаси азоту в ґрунті деякою мірою поповнюються за рахунок азоту атмосферних опадів. У вигляді аміаку та нітратів у ґрунт за рік надходить від 2 до 10 кг/га азоту. Ці сполуки азоту утворюються в атмосфері під час грозових розрядів та надходять у вигляді промислових викидів. За даними спостережень, з останніми щороку надходить від кількох до 100 кг/га азоту.

У процесі сільськогосподарського використання запаси азоту в ґрунті також поповнюються за рахунок насіння і садивного матеріалу. Ці джерела поповнення природних запасів азоту мають практичний інтерес, але вони відновлюють лише частину азоту, який виноситься з урожаєм культур. Найбільш реальний шлях поповнення запасів азоту – використання органічних і мінеральних добрив.

Нестача азоту досить часто є фактором, що лімітує приріст урожаю. У природі є багато шляхів зниження доступності для рослин азоту, основними з яких є такі:

- 1) винос з господарською частиною врожаю;
- 2) втрати внаслідок водної і вітрової ерозії;
- 3) газоподібні втрати аміаку, оксидів азоту і молекулярного азоту;
- 4) вимивання нітратної форми азоту в ґрунтові води;
- 5) іммобілізація азоту ґрунтовою мікрофлорою;
- 6) фіксація амонію в ґрунті або необхідне його поглинання.

Втрати азоту внаслідок водної і вітрової ерозії можуть сягати значних величин. Разом з часточками ґрунту виноситься гумус та інші азотовмісні сполуки. Так, на чорноземних ґрунтах втрата азоту за рахунок водної ерозії становить 12–17 кг/га.

Найбільша кількість газоподібного азоту втрачається у вигляді аміаку  $\text{NH}_3$ , молекулярного азоту  $\text{N}_2$  та оксиду азоту  $\text{N}_2\text{O}$ . Серед цих втрат значне місце займає аміак, який втрачається із сечі та гною домашніх тварин, унаслідок

---

---

виділення з ґрунту та внесених добрив. Що вища карбонатність ґрунту, то більші втрати аміачного азоту. Крім того, втрати значно зростають на ґрунтах легкого гранулометричного складу і за високої температури.

Вимивання нітратів у нижчі шари ґрунту та в підґрунтові води відбувається тому, що нітрати, зазвичай, утворюють у ґрунті водорозчинні сполуки і не поглинаються негативно зарядженими колоїдами ґрунту. Найбільші втрати азоту від вимивання виявляються на ґрунтах легкого гранулометричного складу з низьким вмістом органічних речовин, під час високого зволоження або надмірного зрошення.

У природних фітоценозах утворення мінерального азоту і збирання його рослинами урівнюються так, що надлишок його в ґрунтах не накопичується. Теоретично в ґрунті до періоду збирання врожаю не має залишатися азоту, який був внесений з добривами.

В умовах інтенсивного землеробства міграція нітратів по профілю ґрунту і підґрунтя може мати цілу низку негативних наслідків насамперед унаслідок потрапляння їх у підґрунтові води, оскільки вже з глибини двох метрів вони майже не можуть бути використані польовими культурами.

Отже, лише азот біосфери підтримує життєдіяльність живих організмів на Землі. У біосфері відбувається складне його перетворення: з інертного газу за допомогою азотфіксуючих мікроорганізмів атмосферний азот перетворюється на органічні сполуки, які надалі вступають в азотний обмін мікроорганізмів, рослин і тварин. Ґрунт при цьому є середовищем, в якому здійснюється повний цикл перетворення азоту: азотфіксація, амоніфікація, нітрифікація, денітрифікація. Застосування мінеральних добрив дає змогу керувати колообігом азоту в землеробстві. Це одна з найважливіших умов інтенсивного землеробства. Мінеральні добрива за хімічним складом ідентичні живій природі і за правильного їх використання є могутнім фактором її розвитку.



---

---

### 3.2.4. Форми азотних добрив

Сучасний асортимент азотних мінеральних добрив, що випускаються промисловістю, поділяють на шість груп: аміачні, амонійні, нітратні, амонійно-нітратні, амідні та аміакати. В окрему групу виділяють тривалодіючі азотні добрива.

Виробництво азотних добрив ґрунтується переважно на використанні синтетичного аміаку. За оцінкою вчених, що вивчають азотні цикли в природі, не менш як 40 % населення Землі живе лише завдяки відкриттю синтезу аміаку. Внести таку кількість азоту в ґрунт з органічними добривами неможливо, навіть якби все людство цим займалося. Сучасне вітчизняне виробництво азотних добрив відповідає міжнародним стандартам. Основними твердими азотними добривами є аміачна селітра і карбамід. Збільшуються поставки безводного аміаку та розчинів нітрату амонію і карбаміду (КАС). Кількість деяких форм азотних добрив (натрієва і кальцієва селітри, сульфат амонію, аміачна вода) в перспективі не будуть перевищувати кількох відсотків усіх поставок азоту.

**Аміачні добрива.** До цієї групи азотних добрив належать добрива, що містять азот в аміачній формі ( $\text{NH}_3$ ). Це рідкий (безводний) і водний (або аміачна вода) аміак.

**Аміак рідкий  $\text{NH}_3$**  (аміак рідкий безводний, аміак зріджений, охолоджений аміак) – це найбільш концентроване і дешеве азотне добриво, що містить 82 % азоту. Тому його зберігають і перевозять у спеціальних товстостінних сталевих цистернах або балонах, що витримують тиск 2–3 МПа. Густина зрідженого аміаку за температури 20°C становить 0,61 г/см<sup>3</sup>. Під час попадання на шкіру рідкий аміак спричиняє опіки, а під час випаровування – обморожування.

Рідкий аміак вносять у ґрунт восени або навесні спеціальними машинами. У ґрунті аміак поглинається ґрунтовим розчином, адсорбується його колоїдами і не вимивається. При цьому утворюється гідроксид амонію, який взаємодіючи з

---

---

аніонами ґрунтового розчину, утворює різні солі. Аміак краще закріплюється на важких і суглинистих ґрунтах за помірної їх вологості (50–60 % повної вологоємності). За таких умов супіщані ґрунти можуть утримувати 1,6, суглинисті – 2,7 т аміаку на 1 га. Втрати аміаку при цьому становлять близько 1,5 %.

У разі внесення в сухий або дуже перезволожений ґрунт втрати аміаку збільшуються, зокрема за неглибокого загортання і на ґрунтах легкого гранулометричного складу. Тому важливо правильно встановити глибину внесення рідких азотних добрив.

Зріджений аміак на важких і середніх ґрунтах вносять на глибину 10–12 см. На ґрунтах легкого гранулометричного складу це добриво зберігається довше у вигляді  $\text{NH}_3$ , тому можливі його газоподібні втрати; глибина внесення має бути не менше ніж 14–16 см. На недостатньо оброблених ділянках, перезвожених або сухих ґрунтах, а також після вапнування глибину внесення аміаку збільшують на 3–5 см.

**Аміак водний** (аміачна вода)  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$  – розчин аміаку у воді (в одному об'ємі води розчиняється близько 700 об'ємів аміаку). У добриві аміаку значно більше, ніж амонію. Втрати азоту під час його перевезення, зберігання і внесення пояснюються звітрюванням аміаку. У концентрованому розчині міститься 20,5 % азоту (в перерахунку на  $\text{NH}_3$  – 25 %), густина при цьому становить 0,91 г/см<sup>3</sup>. У такому стані його поставляють сільському господарству. Це – прозора рідина, яка іноді має жовтуватий колір. Допускається виготовлення аміачної води влітку (травень – серпень) із вмістом аміаку не менш як 22 % (у перерахунку на азот – не менш як 18 %). Вміст азоту в аміачній воді контролюють за допомогою ареометра, оскільки зі зміною концентрації аміаку змінюється і питома маса вмісту азоту в добриві.

Із води аміак випаровується у 5–6 разів швидше, ніж бензин. Для зменшення втрат азоту під час зберігання в резервуари додавають спеціальну герметизуючу самозатікаючу плівкоутворювальну суміш. Аміачна вода, як і рідкий аміак,

---

---

спричиняє корозію кольорових металів (міді, цинку, олова) і їх сплавів (бронзи, латуні). Тому насоси, крани і клапани виготовляють із чорних металів або чавуну. Алюміній і гуми цими добривами не пошкоджуються.

Наявність в аміачній воді великої кількості вільного аміаку потребує внесення її, як і рідкого аміаку, безпосередньо на глибину 10–12 см на глинистих і 12–15 см на супіщаних ґрунтах.

На глинистих ґрунтах аміачну воду, як і безводний аміак, можна вносити і восени майже під усі культури, коли температура ґрунту знижується до +10°C і нижче, і навесні перед сівбою та для підживлення просапних культур (буряк, кукурудза, соняшник). На ґрунтах легкого гранулометричного складу це добриво рекомендують вносити навесні.

Для культур суцільної сівби відстань між лапами культиватора (наконечниками) під час внесення аміачної води має бути 20–25 см, а для просапних — дорівнювати ширині одного міжряддя.

**Амонійні добрива.** До цієї групи належать азотні добрива, що містять азот в амонійній формі  $\text{NH}_4^+$  (сульфат амонію, сульфат амонію-натрію, хлористий амоній, карбонат амонію).

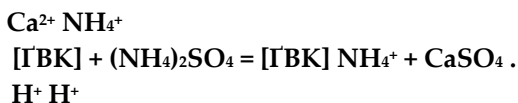
**Сульфат амонію**  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  містить 21 % азоту. Це слабогігроскопічна сіль, добре розчинна у воді. Сульфат амонію – агресивна речовина, особливо під час зволоження, оскільки містить вільну сірчану кислоту (0,03 %). Синтетичний сульфат амонію має білий колір, а коксохімічний завдяки домішкам містить великі кристали жовтуватого, червонуватого або сіруватого відтінків. Малогігроскопічний, тому за нормальних умов зберігання майже не злежується і зберігає добру розсипчастість. Внесення його в ґрунт не зумовлює труднощів. Добриво містить 24 % сірки, тому використання його ефективніше для тих культур, які під час живлення потребують багато цього елемента (бобові, капуста, картопля, ріпак тощо). Недоліком є низький вміст азоту і висока фізіологічна

---

---

кислотність. За його систематичного застосування ґрунт, якщо він не містить достатньої кількості основ, поступово підкислюється, що потребує періодичного проведення вапнування.

Після внесення в ґрунт сульфат амонію швидко розчиняється в ґрунтовій волозі та вступає в обмінні реакції з катіонами ГВК:



Амоній обмінно добре закріплюється в ґрунті і залишається доступним для рослин.

**Нітратні добрива.** До цієї групи належать добрива, які містять азот у нітратній формі  $\text{NO}_3^-$ . Це *натрієва* і *кальцієва селітри*. Азотну кислоту для виробництва азотних добрив добувають, окиснюючи синтетичний аміак. Солі цієї кислоти називаються *нітратами* або *селітрами*.

Селітри добре розчинні у воді, не поглинаються ґрунтом, добре засвоюються рослинами, дуже ефективні для підживлення сільськогосподарських культур, що потребують азоту у великих кількостях (озимі й просапні культури). Азот цих добрив може легко вимиватися з орного шару ґрунту атмосферними опадами та під час зрошення. Це потрібно враховувати для визначення строків їх внесення.

**Амонійно-нітратні добрива.** До цієї групи належать добрива, що містять азот в амонійній і нітратній формах (аміачна селітра, вапняно-аміачна селітра). Аміачна селітра є одним з основних азотних добрив.

**Аміачна селітра** (нітрат амонію, амонійна селітра)  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  – це традиційна назва нітрату амонію, але правильніше її називати амонійною селітрою. Містить 34,4 % азоту (другий сорт – 34 %). Виробництво ґрунтується на нейтралізації 47–60 % розчину азотної кислоти аміаком з наступним випаровуванням і гранулюванням. Гранули мають кулеподібну форму білого

---

---

кольору з жовтуватим або червонуватим відтінком, розміром 1–4 мм, добре розчинні у воді та в аміачній воді.

Аміачна селітра містить швидкодіючий нітратний і менш рухомий амонійний азот. Із розчину аміачної селітри рослини швидше поглинають катіон  $\text{NH}_4^+$ , ніж аніони  $\text{NO}_3^-$ . Тому добриво є фізіологічно кислим, але підкислювальна дія його на ґрунт майже не виявляється.

У ґрунті аміачна селітра взаємодіє з ГВК. Катіони  $\text{NH}_4^+$  поглинаються, а катіони  $\text{NO}_3^-$  залишаються в ґрунті й зберігають високу рухомість.

На ґрунтах з високим ступенем насиченості основами в розчині утворюються нітратні солі кальцію і магнію, ґрунтовий розчин не підкислюється, тоді як на кислих ґрунтах утворюється азотна кислота. Проте підкислення це не тривале, оскільки воно зникає завдяки засвоєнню рослинами та мікроорганізмами нітратного азоту.

З агрономічного погляду – це універсальне і швидкодіюче азотне добриво. Наявність у кожній гранулі рухомого нітратного і менш рухомого амонійного азоту дає змогу широко диференціювати способи, норми й строки його застосування залежно від ґрунтово-кліматичних умов та біологічних особливостей культур. Аміачну селітру використовують майже під усі культури для основного, рядкового удобрення та для підживлення. Крім того, аміачну селітру застосовують для виготовлення твердих і рідких комплексних добрив.

**Вапняно-аміачна селітра** (ВАС, кальцієво-аміачна селітра, нейтралізована аміачна селітра, азотно-вапнякове добриво)  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$  марка А містить 25–28 % азоту і 18–34 % карбонатів кальцію та магнію, марка Б відповідно 20–24 і 34–46 %. Її добувають сплавленням або змішуванням нітрату амонію з тонко розмеленим вапном, доломітом або крейдою. Порівняно з аміачною селітрою гранульована вапняно-аміачна селітра має кращі фізико-механічні властивості і під час зберігання майже не злежується. Наявність у її складі карбонату кальцію

---

---

нейтралізує фізіологічну кислотність нітрату амонію. Тому на кислих ґрунтах вона ефективніша, особливо за систематичного внесення. Досить широко ВАС використовують за кордоном, зокрема в країнах Західної Європи.

**Амідні добрива.** До цієї групи належать добрива, що містять азот в амідній формі.

**Карбамід** (сечовина)  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  – найбільш концентроване з твердих азотних добрив, що містить 46 % азоту.

Гранульований карбамід має вигляд кулястих напівпрозорих гранул розміром від 1–2,5 до 4 мм. Має добрі фізичні властивості. Насипом (без тари) може зберігатися, не злежуючись, близько 6 міс., після чого, на відміну від аміачної селітри, насип покривається зцементованою кіркою, але всередині не злежується.

Гранульований карбамід містить до 1% біурету. За ефективністю дії він не поступається не гранульованому, оскільки за 10–15 діб біурет розкладається в ґрунті. Велика кількість біурету (2,5–5%) токсична для рослин. Для позакореневого підживлення рослин можна використовувати гранульований карбамід з вмістом біурету, меншим за 0,3%.

Карбамід добре розчиняється у воді. Насичений розчин за температури 20°C містить 52 %  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ . У водних розчинах карбаміду досить стійкий аж до температури 80°C.

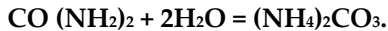
Порівняно з аміачною селітрою застосування карбаміду має свої особливості. Високий ступінь сипучості, незначна щільність засипки, малі гранули і невелика густина не дають змоги високопродуктивно використовувати відцентрові розкидачі. Ширина їх захвату має бути на 1/3 меншою, ніж під час внесення селітри.

Ефективність карбаміду залежить від багатьох факторів. Так, через кореневу систему азот карбаміду в молекулярній формі поглинається досить мало, але стає доступним після гідролітичних перетворень амідної форми на амонійну. Під дією ферменту уреаз, який продукується уробактеріями і корінням

---

---

рослин, карбамід зазнає гідролізу і впродовж 2–3 діб (на родючих ґрунтах за оптимальних умов зволоження і температури) перетворюється на карбонат амонію:



Карбонат амонію – сполука малостійка. На повітрі швидко розкладається на гідрокарбонат амонію та аміак, внаслідок чого відбуваються газоподібні втрати аміаку, особливо на малобуферних ґрунтах:



Тому за поверхневого внесення карбаміду без негайного загортання в ґрунт та за відсутності опадів спостерігаються втрати азоту у вигляді аміаку, зокрема на ґрунтах з нейтральною або лужною реакцією, на посівах багаторічних трав, де висока активність уробактерій, а також після підживлення зернових культур. Газоподібні втрати аміаку при цьому можуть сягати 30–50 % маси внесеного азоту, тоді як при внесенні аміачної селітри становлять 1–3 %.

Карбамід найефективніше використовувати для основного удобрення, рядкового підживлення просапних і овочевих культур та для позакореневого підживлення рослин, оскільки це органічна сполука. Карбамід також можна вносити локально при сівбі (70–100 кг/га) на 5–8 см від рядка.

На відміну від інших азотних добрив рослини здатні частково засвоювати азот з карбаміду без попереднього перетворення. Карбамід при цьому поглинається клітинами листків у вигляді цілих молекул і включається у цикл перетворення азотних речовин, пов'язаний з утворенням діамінокислот.

Позакореневе підживлення карбамідом можна поєднувати із заходами для захисту рослин проти шкідників, хвороб і бур'янів.

**Аміакати** або рідкі аміни – це концентровані розчини нітрату амонію, карбаміду, карбонату амонію та інших

---

---

компонентів у водному середовищі. Азот із цих добрив під час засвоєння рослинами дає такий самий ефект, як й інші азотні добрива, але виробництво аміакатів простіше і дешевше, ніж твердих добрив. Застосування аміакатів дає змогу повністю механізувати роботи щодо їх застосування, що зумовлює менші втрати азоту в навколишнє природне середовище, рівномірно розподіляти по площі поля. Деякі форми аміакатів, які не містять аміаку, можна розпилювати по полю і використовувати для позакореневого підживлення рослин.

Поряд з перевагами у виробництві та застосуванні, аміакати мають певні недоліки. Так, за високої їх концентрації можливе висолювання і кристалізація солей під час зниження температури. Застосування менш концентрованих розчинів призводить до перевезення і внесення великої кількості розчинника (води). Крім того, потрібно мати великі місткості, оскільки аміакати використовують відносно короткий період. Застосування аміакатів, як й інших рідких добрив, потребує значних капіталовкладень в організацію розподільних пунктів, внесення добрив та придбання цистерн для їх перевезення.

Істотним недоліком аміакатів є їх корозійна дія. Особливо це відноситься до розчину нітрату амонію, який має підвищену корозійну здатність відносно чорних металів.

За дією на продуктивність сільськогосподарських культур аміакати дещо більшого рівноцінні твердим азотним добривам.

*Добрива рідкі азотні КАС* (початкові букви – це умовне позначення назви компонентів, що входять до його складу: карбамід—аміачна селітра) – суміш концентрованих водних розчинів карбаміду та аміачної селітри. Промисловість випускає три форми цього добрива: КАС-28, КАС-30, КАС-32 відповідно із вмістом загального азоту 28; 30 і 32 %, проте азоту може бути і менше – 20–25 %.

**КАС** – це прозора або світло-жовта рідина із незначним запахом аміаку, густина 1,26–1,31 г/см<sup>3</sup>, рН 7...8. Фізико-хімічні властивості цього добрива дають змогу впродовж року зберігати



---

---

його в резервуарах, виготовлених із звичайної вуглецевої сталі. Вносити КАС можна за допомогою машин, призначених для внесення рідких комплексних добрив, оскільки добриво не містить вільного аміаку. Щодня після закінчення робіт місткості та всі деталі машин, що контактували з розчинами КАС, потрібно добре промити. КАС використовують як для основного внесення, так і для підживлення. Можливі різні способи основного внесення: поверхнєве і безпосередньо в ґрунт. Це добриво можна також використовувати для позакореневого підживлення зернових колосових культур. При цьому перше підживлення проводять у період весняного відновлення вегетації в дозі  $N_{30-60}$ , друге – у фазу виходу в трубку –  $N_{30}$  і третє – у фазу початку колосіння –  $N_{20}$ . Кількість підживлень може бути різною залежно від забезпеченості рослин азотом, але разова його доза не має перевищувати рекомендовану. Виходячи з технічних можливостей агрегатів, розчини КАС перед використанням розбавляють водою (витрати робочої рідини 200–300 л/га). Слід також враховувати, що 100 кг КАС-28 відповідає 78 л і містить 28 кг азоту ( $N_{28}$ ), а 100 л містить 36 кг азоту ( $N_{36}$ ) і відповідає 128 кг КАС-28.

Позакореневе підживлення розчинами КАС найкраще проводити в ранкові (за відсутності роси) і вечірні години, а в похмуру прохолодну погоду – впродовж усього дня. За температури понад 20°C і низької відносної вологості повітря можливі опіки рослин, тому в цей час рослини не підживляють. На оброблених розчинами КАС посівах випасати худобу і проводити зрошення дощуванням дозволяється не раніше, ніж через 5 діб.

Під час внесення КАС без розведення водою слід дотримуватися таких рекомендацій: добриво вносять спеціально обладнаними обприскувачами – плоскоструменевими розпилювачами з великими отворами. Робочий тиск має бути низьким, щоб утворювалися великі краплі добрива, які будуть стікати з листків, не обпікаючи їх. КАС також можна вносити

---

---

волокушними обприскувачами, штанги яких обладнано розливними гнучкими трубочками, щоб через них добриво попадало на поверхню ґрунту в міжряддях або смужками, не контактуючи з рослинами.

Добриво вносять на добре укорінені рослини з достатнім восковим шаром. Внесення їх за високої вологості повітря і похмурої погоди знижує небезпечність опіків.

Не обробляють посіви за сонячної погоди і температури понад 25°C (за температури понад 20°C обробку проводять вранці після висушування роси або ввечері); у період вегетаційного спокою озимих культур за температури нижче 5°C.

КАС вносять лише на суху листову поверхню рослин. З вологості поверхні листків навіть великі краплі добрива не стікають, що призводить до їх опіків. Тому не можна вносити КАС перед або безпосередньо після дощу, ввечері та ранком, коли є роса.

Найбільше непорозумінь щодо внесення КАС пов'язано з тим, що їх вносять так як пестициди, тобто недостатньо розводять водою. Найнадійнішим є контрольне внесення добрива на дослідній ділянці за кілька днів до основного внесення на всьому полі.

Розчини КАС – це не лише ефективне однокомпонентне азотне добриво. На їх основі можна виготовляти комплексні добрива, до складу яких входять мікроелементи, пестициди, регулятори росту. Це відкриває широку можливість їх застосування за інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур та знижує витрати на їх застосування.

Зазвичай, під час внесення КАС з гербіцидами витрати робочої рідини становлять 200–300 л/га. Бакові суміші готують за такими правилами.

1. Бак наполовину заповнюють КАС, додають гербіцид (за потреби, змішують його заздалегідь з водою), наповнюють бак КАС. Змішувач повинен бути постійно увімкненим.

---

---

2. Спочатку у бак наливають від 1/3 до 1/5 води, потім додають гербіцид, наповнюють бак КАС. Змішувач повинен бути постійно увімкненим.

На відміну від інших рідких азотних добрив, розчини КАС можна змішувати з рідкими комплексними добривами (РКД 10–34–0).

*Тривалодіючі азотні добрива* – ці добрива, здатні поступово впродовж одного або кількох вегетаційних періодів віддавати свій азот і не втрачатися з ґрунту. Їх поділяють на дві групи. Перша група об'єднує важкорозчинні у воді добрива, елементи живлення яких стають доступними для рослин лише після поступового хімічного і мікробіологічного розкладання в ґрунті. Це конденсати карбаміду і різних альдегідів, амонієві гумати – азотні сполуки на основі лігнінсульфонової кислоти (карбамідформальдегідне добриво, карбамідформацетальдегід, кротонілоденкарбамід, оксамід та ін.). Друга група – це добрива, добре розчинні у воді, гранули яких покриті тонкими важкорозчинними оболонками – фенолформальдегідною смолою, сіркою, амінами, стеарином тощо.

Найбільше тривалодіючих добрив виробляється в США і Японії. Основні переваги тривалодіючих добрив такі: зменшуються втрати елементів живлення у період між внесенням добрив, підвищується їх засвоєння, зменшується забруднення довкілля, знижуються затрати праці внаслідок поліпшення зберігання і транспортування добрив, замість роздрібного внесення проводять внесення за один прийом. Використання тривалодіючих добрив перспективне в районах надмірного зволоження, на зрошуваних землях, під час удобрення культур з подовженим вегетаційним періодом, де розчинні азотні добрива потрібно застосовувати у кілька прийомів. Застосування цих добрив сприяє зменшенню вилягання зернових колосових, льону та інших культур, їх можна використовувати при вирощуванні рису, плодових і овочевих культур, на луках і пасовищах, а також у теплицях з ґрунтом і гідропонікою.

### 3.2.5. Особливості застосування азотних добрив

В інтенсивному сільськогосподарському виробництві азотні добрива – основний засіб забезпечення рослин азотом. Однією з негативних властивостей цих добрив є їх висока рухомість. Перетворення азоту мінеральних добрив у ґрунті відбувається різними шляхами (рис. 3.2).

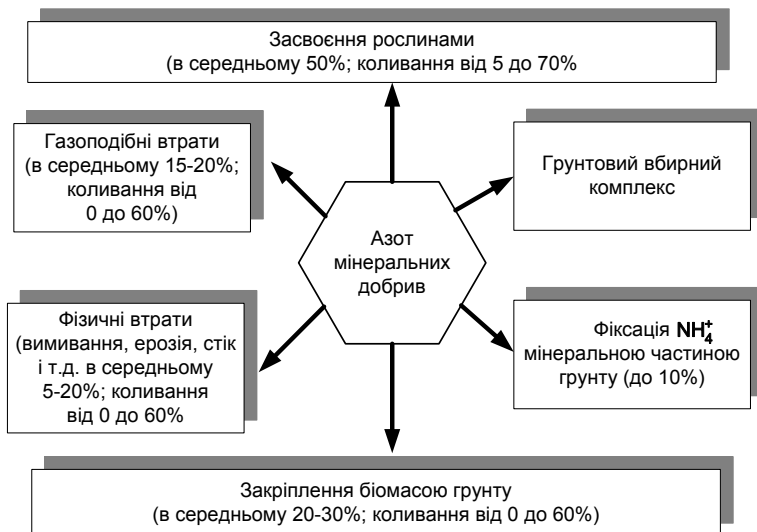


Рис. 3.2. Схема перетворення азоту мінеральних добрив у ґрунті

Отже, азот мінеральних добрив майже повністю витрачається у рік його внесення. Для підвищення ефективності азотних добрив слід максимально знизити фізичні втрати азоту та запобігати виділенню в атмосферу його газоподібних сполук, що утворюються в процесі нітрифікації та денітрифікації.

На ефективність застосування азотних добрив значно впливають такі фактори: географічні закономірності їх дії; комплекс агрохімічних і меліоративних заходів, які застосовують у сівозміні або під певну культуру; технологія застосування азот-

них добрив, тобто строки, способи, форми і т. д.; удосконалення форм азотних добрив і застосування інгібіторів нітрифікації; використання найефективніших методів встановлення норм і доз азотних добрив.

Найбільша ефективність азотних добрив виявляється на дерново-підзолистих ґрунтах за достатнього зволоження та на ґрунтах у південних районах в умовах зрошення. На сірих лісових ґрунтах, чорноземах опідзолених і вилужених без зрошення азотні добрива менш ефективні. Так, на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся половину приросту врожаю пшениці озимої та ячменю ярого дають азотні добрива. У Лісостепу провідна роль також належить азотним добривам. На чорноземах звичайних у Степу приріст урожаю озимої пшениці лише на 1/3 зумовлений дією азотних добрив. У формуванні врожаю сільськогосподарських культур під впливом азотних добрив простежується загальна закономірність – зниження їх ефективності з півночі на південь та із заходу на схід (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

**Окупність помірних норм азотних добрив за  
збалансованого фосфорного і калійного живлення рослин  
(за даними польових дослідів агрохімслужби України)**

Зона, ґрунти	Окупність 1 кг азоту добрив від приросту врожаю сільськогосподарських культур, кг				
	пшениця озима	ячмінь ярий	картопля	бурак цукровий	соняш- ник
<b>Полісся, Карпати</b>					
Дерново-підзолисті	5,2	7,7	2,2	–	–
<b>Лісостеп</b>					
Чорноземи типові та опідзолені	3,7	4,0	14	18	5,0
Темно-сірі лісові	5,8	8,0	23	59	3,2
Сірі лісові	8,6	9,7	7,0	159	–
<b>Степ</b>					
Чорноземи звичайні	6,0	3,2	–	39	3,0

---

---

Поеднання органічних і мінеральних добрив особливо важливе під час застосування високих норм азоту. Органічні добрива запобігають негативній дії мінерального азоту, сприяють кращому та ефективному їх засвоєнню. Азот мінеральних добрив також має знаходитися в ґрунті в оптимальному співвідношенні з іншими необхідними для культур, які вирощують, елементами живлення.

Ефективність азотних добрив істотно підвищується після вапнування кислих ґрунтів, що пояснюють кращим засвоєнням азоту, підвищенням іммобілізації азоту ґрунтом, поліпшенням фосфорного живлення рослин. У засушливих степових районах позитивна дія азотних добрив посилюється під час зрошення, особливо за поєднання оптимальних норм азоту та режимів зрошення.

У зв'язку з тим, що різні сорти та гібриди сільськогосподарських культур мають неоднакові біологічні особливості розвитку і по-різному реагують на родючість ґрунту, попередники, гідротермічні умови, норми добрив, строки і способи їх застосування диференціюють залежно від запланованої врожайності на кожному полі. Чим вищий заплановано врожай і чим нижча родючість ґрунту, тим більше потрібно вносити азотних добрив. В умовах недостатнього зволоження їх норми мають бути менші, ніж за достатнього зволоження та в умовах зрошення. Для запобігання зниженню врожайності й погіршенню якості продукції та забрудненню довкілля сполуками азоту норми азотних добрив не мають перевищувати максимально допустимих величин.

Внесення підвищених норм азотних добрив, особливо на ранніх стадіях росту зернових культур, спричиняє вилягання рослин, зниження врожаю і погіршення умов їх збирання. Посилення азотного живлення зернових культур підвищує вміст у рослинах азоту, амінокислот і різних цукрів, що призводить до ушкодження їх попелицями, борошнистою росою та іржею. Тому для зернових, порівняно з іншими культурами, під час

---

---

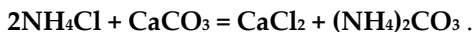
визначення норм азотних добрив потрібно ретельніше враховувати ґрунтові і погодні умови, дію попередників та інших агротехнічних факторів.

Упродовж вегетації сільськогосподарські культури мають різні періоди найбільш інтенсивного використання азоту. Тому залежно від біологічних особливостей культур і сортів наближення строків застосування азотних добрив до періоду активного засвоєння азоту рослинами є одним із засобів підвищення ефективності добрив.

Цінність різних форм азотних добрив, внесених завчасно до початку використання азоту рослинами, однакова. Ефективність аміачних і нітратних добрив залежить від умов їх використання.

Особливу увагу приділяють підбору форм мінеральних добрив в умовах зрошення, де досить тяжко поєднувати оптимальні режими зрошення та удобрення.

Нітратні й аміачно-нітратні азотні добрива вносять у рядки під час сівби в дозі 7–10 кг/га азоту, а також для підживлення (у разі потреби). Підживлення проводять у період найбільшої потреби рослин в азоті. Азотні добрива можна також вносити восени під час зяблевого обробітку ґрунту (за винятком районів з достатнім зволоженням і штучним зрошенням). Азот амонійних добрив добре вбирається ґрунтом, але у разі завчасного внесення за оптимальних умов зволоження і температури ґрунту відбувається його нітрифікація. Нітратний азот, що при цьому утворюється, вимивається з орного шару ґрунту осінньо-зимовими опадами та зазнає денітрифікації. За поверхневого внесення амонійних добрив, зокрема на лужних ґрунтах, можливі втрати азоту внаслідок таких хімічних перетворень:



Карбонат амонію, що утворюється, легко розкладається з виділенням аміаку:



---

---

Рідкі азотні добрива використовують для основного удобрення та підживлення. Найкраще їх вносити в ґрунт наприкінці березня – на початку травня. Амоній при цьому майже без втрат нітрифікується до кінця червня. За ефективністю рідкі азотні добрива рівноцінні твердим, але вони мають деякі переваги: дають змогу майже повністю механізувати всі роботи при їх застосуванні; вносити разом з мікроелементами, пестицидами, регуляторами росту, поєднувати внесення з іншими агротехнічними заходами, дотримуючись встановлених правил техніки безпеки і гігієни праці. Щоб запобігати газоподібним втратам аміаку, рідкі аміачні добрива вносять на достатню глибину, а амонійні та амідні після поверхневого розбризкування негайно загортають у ґрунт. Ефективним є також пізньоосіннє їх внесення, коли температура ґрунту знижується до 10–5°C і процеси нітрифікації пригнічуються. Більша частина азоту взимку зберігається в ґрунті у формі амонію, що зводить до мінімуму його втрати.

Ефективність азотних добрив можна також підвищити використанням інгібіторів нітрифікації і застосуванням тривалодіючих азотних добрив.

Ефективність азотних добрив знаходиться у протилежній залежності від запасів мінерального азоту в кореневмісному шарі ґрунту. Тому всі методи встановлення оптимальних норм азотних добрив, які нині використовують, зводяться до обліку вмісту мінерального азоту в ґрунті перед сівбою або у ранні фази росту й розвитку рослин. Значні труднощі для практичної діагностики мають дуже швидкі, порівняно з іншими елементами мінерального живлення рослин, зміни азотного режиму ґрунту в часі та в просторі.

Зазвичай, загальна кількість азоту (азот, що зберігся в зоні кореневої системи рослин після зими плюс азот, що утвориться в ґрунті під час росту рослин) недостатня для одержання високих урожаїв. Вважається, що через короткий сільськогосподарський сезон, тільки 25–40 % всього азоту, необхідного для формування високого врожаю культур, рослини беруть з ґрунту.



---

---

Кількість доступного азоту в ґрунті значно впливає на кількість азоту, яку потрібно внести з добривами.

Теоретичну норму азотних добрив розраховують так:

$$N_N = (\text{Кількість азоту у запланованому врожаї} + \text{Мінеральний азот } N_{\text{мін. у профілі ґрунту під час збирання врожаю}}) - (N_{\text{мін. перед сівом чи садінням}} + \text{кількість } N_{\text{мін., що утворюється у процесі мінералізації органічних речовин упродовж вегетаційного періоду}}).$$

За цим методом азот мінеральних сполук ґрунту визначають на глибині до 60–90 см. Його кількість (від 20 до 100 кг/га і більше) сильно змінюється залежно від умов (ґрунт, погода, сівозміна, удобрення, обробіток ґрунту і т. д.).

Вважають, що кількість мінерального азоту в профілі ґрунту 0–60 см після збирання врожаю залежно від культури не має перевищувати 30–50 кг/га.

Під впливом азотних добрив посилюються мінералізація і використання рослинами азоту ґрунтового гумусу («екстра-азот»). Цей процес відбувається з різною інтенсивністю залежно від типу ґрунту, форм гумусу (здатності до розкладання), погодних умов, норм азотних добрив, еродованості ґрунту, застосування засобів хімізації тощо.

**Інгібітори нітрифікації** – хімічні сполуки, що пригнічують життєдіяльність нітрифікуючих бактерій і забезпечують зберігання азоту ґрунту і добрив в амонійній формі.

Застосування інгібіторів нітрифікації з аміачними, амонійними й амідними добривами сприяє підвищенню коефіцієнта використання їх азоту рослинами. Пригнічуючи процеси нітрифікації, інгібітори зменшують втрати азоту внаслідок зменшення вимивання нітратів і виділення газоподібних сполук в атмосферу. Азот при цьому залишається у верхніх шарах ґрунту, що збільшує його доступність для засвоєння рослинами. Тривалість дії інгібіторів нітрифікації залежить від різних факторів (типу ґрунту, його температури, вологості, біологічної активності, кислотності, вмісту органічних

---

---

речовин, гранулометричного складу, норм і способів внесення добрив та інгібіторів) і в середньому становить 4–8 тижнів.

Ефективність азотних добрив при застосуванні інгібіторів нітрифікації найкраще виявляється в умовах зрошення, в районах надмірного і достатнього зволоження, на ґрунтах легкого гранулометричного складу, де можливі значні втрати азоту внаслідок вимивання нітратів. Інгібітори нітрифікації сприяють зниженню надмірної кількості нітратів у кормах і харчових продуктах, дають змогу зменшити кратність внесення азотних добрив і застосування їх в осінній період без зниження ефективності. Поєднання інгібіторів нітрифікації з пізньоосіннім внесенням азотних добрив підвищує їхню ефективність, тоді як внесення їх навесні виправдане лише під культури з тривалим вегетаційним періодом.

Інгібітори нітрифікації підвищують коефіцієнт використання азоту з добрив на 10–15 % і більше. Втрати азоту з добрив при цьому знижуються в 1,5–2 рази.

### **? Питання для самоконтролю**

1. Яке значення має азот для землеробства?
2. Назвіть основні особливості живлення рослин азотом.
3. В якій кількості та в яких сполуках знаходиться азот у ґрунті?
4. Що таке мінералізація, амоніфікація, нітрифікація і денітрифікація? Які оптимальні умови потрібні для проходження цих процесів?
5. Як запобігти й знизити втрати азоту з ґрунту?
6. Назвіть статті надходження і відчуження азоту з ґрунту.
7. Які особливості колообігу азоту в землеробстві?
8. Як класифікують азотні добрива?
9. Назвіть особливості застосування деяких форм азотних добрив.
10. Назвіть умови підвищення ефективності азотних добрив.

---

---

### 3.3. ФОСФОР І ФОСФОРНІ ДОБРИВА

#### 3.3.1. Особливості живлення рослин фосфором

*Фосфор* – один із трьох основних елементів живлення. За об'ємами використання фосфорні добрива посідають друге місце після азотних.

Рослини засвоюють фосфору значно менше, ніж азоту, але він має надзвичайно важливу роль у їх житті. Вміст його в рослинах становить 0,5–1 % сухої речовини, зокрема, на мінеральні сполуки припадає близько 10–15 %, на органічні – 85–90 %. Співвідношення мінеральних і органічних сполук фосфору залежить від віку рослин і загального забезпечення їх фосфором. У молодих рослинах частка органічного фосфору значно більша, ніж у старих.

Мінеральні сполуки фосфору в рослинах представлені фосфатами кальцію, магнію, калію, амонію тощо. Накопичення їх у стеблах рослин є ознакою високої забезпеченості рослин фосфором.

Органічні сполуки фосфору – це ефіри фосфорної кислоти. До них належать фосфатиди, фосфопротеїди, фітин, сахарофосфати, нуклеїнові кислоти, нуклеопротеїди, макроергічні та інші сполуки.

Найбільше фосфору міститься в репродуктивних органах, де його у 3–6 разів більше, ніж у вегетативних частинах рослин, що сприяє інтенсивному перебігу процесів синтезу органічних речовин. У насінні має бути достатній запас фосфору для формування кореневої системи, яка почне поглинати його з ґрунту. При цьому рослини краще засвоюють воду і поживні речовини з ґрунту, швидше формують надземну масу. Основну частину фосфору рослини використовують у початковій фазі росту й розвитку, створюючи відповідні його запаси. Потім фосфор легко переміщується зі старих тканин у молоді, тобто відбувається його реутилізація. У разі підживлення рослин

---

---

розчином солей фосфору через листки він переміщується в інші органи досить повільно і в невеликій кількості. Тому фосфорне живлення рослин треба забезпечувати через кореневу систему. Цим і пояснюють потребу внесення в рядки 10–15 кг/га д. р. легкорозчинних фосфорних добрив. Негативну дію нестачі фосфору в ранній період неможливо виправити достатнім його надходженням у наступні періоди росту. Рослини залишаються низькорослими, загальмованими у розвитку, пізніше цвітуть і дають низький урожай. Це пов'язано з тим, що не відбувається поділ клітин унаслідок нестачі фосфору чи інших елементів живлення для утворення додаткового ядра. Отже, на відміну від рослин, які відчують нестачу азоту і мають при цьому скорочений цикл розвитку, рослини за нестачі фосфору фізіологічно молодші. Фосфор поліпшує їх водний режим і значно пом'якшує дію на них посухи завдяки накопиченню у вузлах кушіння більшої кількості цукрів, сприяє перезимівлі озимих культур і багаторічних трав, підвищує стійкість рослин проти хвороб, врівноважує дію азотних добрив.

Оптимальне фосфорне живлення рослин стимулює всі процеси, пов'язані із заплідненням квіток, зав'язуванням, формуванням і досяганням плодів. Надлишок фосфору призводить до передчасного розвитку та відмирання листкового апарату, раннього досягання плодів, внаслідок чого рослини не встигають сформувати достатній урожай.

Нестача фосфору виявляється у затримці росту й розвитку рослин – утворюються дрібні листки, запізнюється цвітіння і досягання плодів. Нижні листки набувають тьмяно-сірого або темно-зеленого відтінку. З часом вони скручуються і передчасно відмирають. Крім того, за нестачі фосфору внаслідок утворення антоціану нерідко виявляються червонуваті та фіолетові відтінки, насамперед на основних стеблах, у пазухах листків, на черешках. Більш виражені ознаки нестачі фосфору спостерігаються на старих і нижніх листках. Проте слід пам'ятати, що антоціанове забарвлення листків є спадковою ознакою,

---

---

наприклад у деяких сортів і гібридів кукурудзи. До того ж подібне забарвлення, наприклад у капусти, виявляється після холодної і зтяжної весни, яке з часом зникає.

В умовах значного фосфорного дефіциту часто спостерігаються ознаки азотного голодування, що пояснюють зменшенням використання азоту для синтезу органічних сполук унаслідок нестачі фосфору. Тому ознаки азотного і фосфорного голодування досить часто збігаються.

Основним джерелом живлення рослин фосфором є аніони ортофосфornoї кислоти –  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , частково вони можуть засвоювати полі- та метафосфати, деякі органічні сполуки фосфору, найкраще засвоюють аніони  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , гірше – аніони  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Для рослин аніони  $\text{PO}_4^{3-}$  малодоступні, їх використовують лише бобові культури, гречка та деякі інші культури. Рівень засвоєння рослинами фосфору залежить не лише від вмісту його в ґрунті, а й від забезпеченості іншими елементами живлення. Так, за нестачі цинку знижується надходження і використання рослинами фосфору, за високого забезпечення міддю, навпаки, потреба в ньому знижується.

Існує тісний зв'язок між азотним і фосфорним живленням. Фосфор відіграє роль супутника азоту і білкових сполук. У рослинах його у 2–3 рази менше, ніж азоту. За нестачі фосфору уповільнюється синтез білків, накопичується більше нітратів. Тому норми азотних і фосфорних добрив мають бути збалансовані, зокрема за внесення високих норм азоту.

Фосфор позитивно впливає на підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Крім того, він сприяє формуванню високих харчових і технологічних якостей продукції. Оптимальне фосфорне живлення рослин збільшує частку товарної продукції в біологічному врожаї (зерна відносно соломи у зернових, коренеплодів відносно гички у буряку тощо). Одночасно підвищується вміст крохмалю в картоплі, цукру в коренеплодах, овочах і фруктах, олії – в насінні олійних культур. У прядивних культур збільшується вихід довгого волокна,

---

---

зростає його міцність. Проте надлишок фосфору також несприятливий для розвитку рослин. Так, вони містять багато мінеральних фосфатів, зокрема у вегетативних органах, пришвидщується їх вегетація, не встигає сформуватись високий урожай. За надлишку фосфору погіршується живлення рослин цинком, що призводить до захворювання плодових на розетковість.

### **3.3.2. Фосфатний фонд ґрунту**

Вміст загального фосфору в орному шарі ґрунту коливається від 1,3 у дерново-підзолистих до 5,4 т/га в чорноземі звичайному. Основна маса фосфору міститься в ґрунті у формі мінеральних і органічних сполук, недоступних для рослин. У дерново-підзолистих ґрунтах мінеральних сполук фосфору більше, ніж органічних, у чорноземних і торфових — навпаки. Органічні сполуки фосфору представлені переважно нуклеопротеїдами, фітином, фосфоліпідами, фосфопротеїдами та іншими органічними сполуками, що входять до складу тварин, рослин і мікроорганізмів.

Мінеральні сполуки знаходяться в ґрунті у вигляді солей кальцію, заліза та алюмінію, тобто склад їх значною мірою визначається складом катіонів у ґрунтовому вбирному комплексі. Наприклад, фосфати кальцію переважають у нейтральних і лужних ґрунтах, а фосфати алюмінію і заліза — у кислих (рис. 3.3).

Після внесення фосфорних добрив фосфор, що міститься у їх складі, внаслідок хімічних, фізико-хімічних та біологічних процесів, які відбуваються в ґрунті, зазвичай, перетворюється на сполуки, характерні для певного типу ґрунту. За тривалого застосування добрив зі зміною агрохімічних властивостей ґрунту може дещо змінюватися склад фосфорних сполук. При цьому вміст загального фосфору в ґрунті збільшується порівняно з

іншими елементами живлення та підвищується вміст рухомих фосфатів.

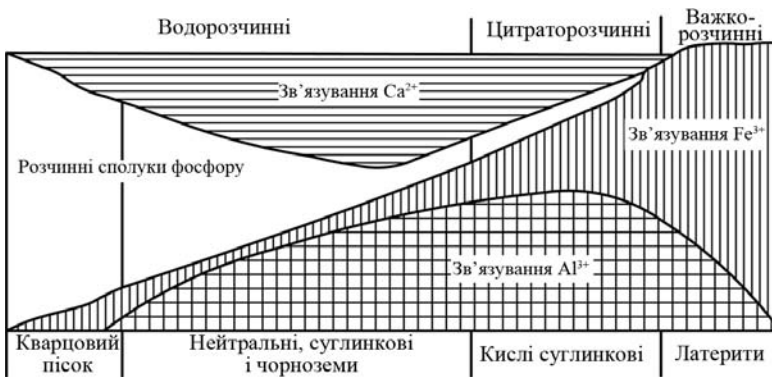


Рис. 3.3. Форми фосфатів у ґрунтах

Основна роль у живленні рослин фосфором належить його мінеральним сполукам, які представлені в ґрунті апатитами, фосфоритами, вторинними мінералами їх розкладання і солями фосфорних кислот. Мінеральні сполуки фосфору ґрунту перебувають у постійній взаємодії (рис. 3.4).

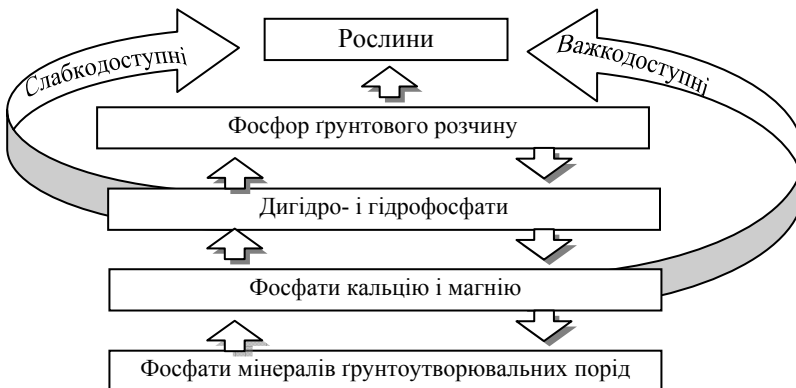


Рис. 3.4. Перетворення фосфорних сполук у ґрунті

---

---

За ступенем участі у фосфорному живленні рослини поділяють на три великі групи, які знаходяться в динамічній рівновазі: сполуки фосфору, що перебувають у ґрунтовому розчині; сполуки, адсорбовані ґрунтовими колоїдами або осажені; важкорозчинні фосфати первинних і вторинних мінералів мінерального скелету ґрунту.

**Ортофосфати ґрунтового розчину** – це однозаміщені водорозчинні фосфати кальцію і магнію, фосфати одновалентних катіонів калію, натрію, амонію та інших елементів. Це основні та найкраще засвоювані сполуки фосфору для рослин, зокрема на початку їх росту і розвитку.

**Лабільні фосфати** – це фосфати, які осіли або адсорбовані на поверхні твердих часточок ґрунту, ґрунтово-вбирного комплексу, оксидами заліза і алюмінію, а також вторинні фосфати, які утворилися після формування ґрунту. Вважають, що 4–10 % усього ґрунтового фосфору зв'язано адсорбційно. На відміну від первинних мінералів, вторинні є активною мобільною складовою ґрунту. Для визначення величини запасу рухомих фосфатів використовують (залежно від типу і складу ґрунту) кислотні, лужні й буферні розчинники, іонообмінні смоли, радіоізотопний метод та ін.

**Стабільні фосфати** – важкорозчинні сполуки, які знаходяться в ґрунті в первинних і вторинних мінералах (оклюдовані гідратами півтораоксидів, карбонатами та ін.).

Тризаміщені фосфати двовалентних катіонів слабкорозчинні у воді, тому вони більшістю рослин майже не засвоюються. Проте в процесі вивітрювання вони можуть ставати доступнішими для рослин. Свіжоосажені тризаміщені фосфати кальцію в аморфному стані дещо краще засвоюються рослинами. За їх старіння і перетворення у кристалічний стан засвоюваність рослинами фосфору різко знижується, але є група рослин, які поглинають фосфор і в такому стані. До них належать люпин, гречка, гірчиця, дещо меншою мірою – еспарцет, буркун, горох.



---

---

Внесення фосфорних добрив сприяє накопиченню в ґрунті органічних і мінеральних сполук фосфору. Для встановлення оптимального фосфатного режиму важливо знати ступінь доступності для рослин фосфору ґрунту і залишків фосфорних добрив.

Доступність фосфору добрив залежить від хемосорбції, адсорбції, біологічного перетворення та інших процесів. Вони мають досить складну природу, тому сполуки, що зумовлюють закріплення фосфору в ґрунті, залежать від їх типів. Оскільки більшість ґрунтів за відношенням до фосфору добрив мають високу вбирну здатність, вважають, що рослини використовують не фосфат-іони добрив, а різні за розчинністю і доступністю сполуки, що утворюються внаслідок швидкої трансформації фосфорних добрив у ґрунті. Спочатку фосфор фіксується у місцях внесення, залишаючись у розчинній, доступній для рослин формі (25 % внесеної кількості).

Для різних ґрунтових відмін характерні певні сполуки фосфору. Тому залежно від їх складу вибирають певний метод для визначення запасу рухомих сполук фосфору. Наприклад, у зоні дерново-підзолистих ґрунтів вміст фосфору визначають за методом Кирсанова (у витяжці 0,2 н розчину **НС1**), в зоні сірих лісових ґрунтів і не карбонатних чорноземів – за методом Чирикова (у витяжці 0,5 н розчину **CH<sub>3</sub>COOH**), у зоні карбонатних ґрунтів – за методом Мачигіна (у витяжці 1 %-го розчину **(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**), за кордоном застосовують методи Bray P-1, Mehlich P-3, Olsen тощо.

Зазначені методи ґрунтуються на імітації дії на ґрунт кореневих систем рослин, здатних виділяти в ґрунтовий розчин певну кількість вугільної та органічної кислот, але жодний із реактивів не здатний замінити живе коріння рослин. Між ґрунтовим розчином і твердою фазою ґрунту встановлюється динамічна рівновага. Засвоюючи фосфат-іони, корені рослин її порушують і сприяють переходу нових порцій фосфат-іонів із ґрунту в розчин. Корені можуть поглинати фосфор, який

---

---

знаходиться від них не більш ніж на 2 мм. Тому навіть у період максимального розвитку кореневої системи рослини використовують фосфор лише з незначного об'єму орного шару ґрунту.

Невикористана частина фосфорних добрив зазнає іммобілізації, перетворюється на важкозасвоювані форми внаслідок хімічного поглинання твердою фазою ґрунту, біологічною фіксацією мікроорганізмами, накопичення фосфатів у гумусі. Фосфор цієї фракції може бути доступний для рослин лише в процесі біологічного колообігу речовин.

*Хімічне осадження* або *ретроградація* характерне для певного типу процесу ґрунтоутворення. Спочатку дигідрофосфати перетворюються на гідрофосфати, що зменшує їх розчинність і засвоюваність рослинами. Потім у кислих дерново-підзолистих ґрунтах утворюються малорозчинні фосфати алюмінію та заліза. У нейтральних і карбонатних ґрунтах (чорноземи і сіроземи) основними фіксаторами фосфору є кальцій і магній. Спочатку сполуки фосфору перебувають в аморфній формі і їх фосфор частково доступний для рослин. У міру старіння (кристалізації) фосфат кальцію і магнію стають менш доступними.

Здатність ґрунту до поглинання фосфору настільки велика, що для повного його насичення потрібно внести від 5 до 10 т/га  $P_2O_5$ , тоді як валовий його вміст у ґрунті сягає лише 3–6 т/га.

Порівняно низький коефіцієнт використання фосфору добрив у перший рік їх внесення (10–15 %) пов'язаний не лише з переходом фосфатів у недоступні форми, а й з обмеженою доступністю для корневих систем продуктів їх взаємодії з ґрунтом, тобто корені рослин можуть поглинати фосфати лише з тієї частини ґрунту, з якою вони контактують. З урахуванням післядії коефіцієнт використання фосфору добрив становить 35–40 % і може сягати 100 %, якщо впродовж 4–10 років не вносити фосфорних добрив. Тому в умовах інтенсивного землеробства добрива потрібно вносити систематично, не чекаючи їх післядії.

При цьому не лише повертається винесений з урожаєм фосфор, а й створюються запаси його рухомих форм у ґрунті.

Отже, для підвищення родючості ґрунту і раціонального застосування фосфорних добрив необхідна оптимізація фосфорного живлення рослин за рахунок внесення добрив з урахуванням вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті.

На основі польових і лабораторних дослідів встановлено оптимальні фосфатні рівні для основних типів ґрунтів, мг/кг: для дерново-підзолистих ґрунтів – 100–150 (за методом Кірсанова), для чорноземів – 100–150 (за методом Чирикова), для карбонатних чорноземів і каштанових ґрунтів – 30–45 (за методом Мачигіна) (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

**Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук фосфору  
щодо здатності забезпечувати ним сільськогосподарські  
культури**

Група	Колір на картограмі	Ступінь забезпеченості рослин	За методом		
			Кірсанова	Чирикова	Мачигіна
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг ґрунту		
1	Червоний	Дуже низький	<25	< 20	< 10
2	Оранжевий	Низький	25 – 50	20 – 50	10 – 15
3	Жовтий	Середній	50 – 100	50 – 100	15 – 30
4	Зелений	Підвищений	100 – 150	100 – 150	30 – 45
5	Голубий	Високий	150 – 250	150 – 200	45 – 60
6	Синій	Дуже високий	> 250	> 200	> 60

Щоб підвищити рівень рухомих фосфатів у ґрунті на 10 мг/кг за низького забезпечення ґрунтів фосфором, слід на супіщаних і піщаних ґрунтах вносити на 40–60 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> більше, ніж винесено з урожаєм, на легких і середньосуглинкових – 60–90, на важкосуглинкових – 90–120 кг/га. Створення оптимального фосфатного рівня і внесення фосфору за виносом з урожаєм забезпечує високу продуктивність усіх сільськогосподарських культур.

### 3.3.3. Колообіг фосфору в природі

Поповнення запасів фосфору в ґрунті практично здійснюється лише за рахунок внесення фосфорних добрив (рис. 3.5). Водночас основна кількість фосфору біологічного врожаю, що міститься в зерні та іншій товарній продукції, в умовах сучасного землеробства відчужується з господарства і лише частково повертається в ґрунт з органічними добривами. У перспективі проблема фосфору як біогенного елемента виникне в землеробстві у першу чергу.

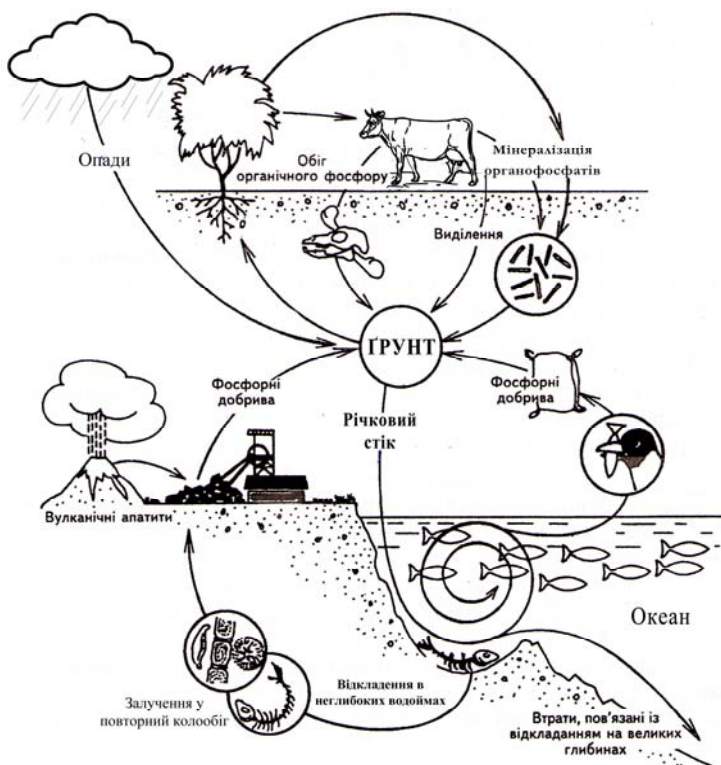


Рис. 3.5. Схема колообігу фосфору в природі

---

---

Для виробництва фосфорних добрив у зв'язку з обмеженістю і невідновлюваністю природних ресурсів мінеральної сировини слід бережно ставитися до їх використання і різко знижувати втрати.

Порівняно з мінеральними й органічними добривами незначна частина фосфору надходить у ґрунт з насінним і садивним матеріалом та з атмосферними опадами (близько 0,3 кг/га за рік).

Поряд з виносом фосфору з урожаєм сільськогосподарських культур відбуваються його втрати внаслідок вимивання та ерозії ґрунтів. Середньо- і важкосуглинкові ґрунти міцно фіксують фосфор добрив, тому він майже не вимивається. Внаслідок ерозії щорічні втрати фосфору з ґрунту становлять 4–5 кг/га. На жаль, діяльність людини спричиняє посилення втрат фосфору, знижує досконалість його обігу в біосфері.

### **3.3.4. Форми фосфорних добрив**

Вихідною сировиною для промислового виробництва фосфорних добрив є природні поклади фосфорних руд – апатитові й фосфоритові.

Зважаючи на дороговизну фосфорних добрив, які виготовляють з імпортової сировини або завозять з-за кордону, в Україні відкриваються широкі перспективи використання фосфатної сировини з місцевих покладів. В Україні фосфорити є на Волино-Подільській плиті, у Дніпровсько-Донецькій впадині, в Автономній Республіці Крим, у Передкарпатті та Закарпатті, у басейні р. Горинь. Проте особливістю їх є низька концентрація фосфору. Для виготовлення фосфоритного борошна в Україні придатна руда понад 20 родовищ.

Збільшення випуску фосфорних добрив – складне технологічне завдання, де основним є перетворення сполук фосфору у розчинний стан. Хімічне перероблення природних фосфатів здійснюється трьома основними способами. Найпоширенішим

---

---

способом є розкладання фосфатів кислотами – сірчаною, фосфорною, азотною та ін. Для кислотного розкладання придатні природні фосфати, що не містять значної кількості карбонату кальцію, карбонатів і силікатів магнію, сполук заліза та алюмінію (ці та інші домішки ускладнюють перероблення фосфатів).

Іншим способом є відновлення фосфатів вуглецем за наявності оксиду кремнію (IV) з вивільненням елементарного фосфору і його наступним переробленням на фосфорну кислоту та її солі. Цей спосіб дає змогу використовувати менш якісну сировину, але значне підвищення вмісту в останній заліза, алюмінію, лужних металів та оксиду кремнію (IV) негативно впливає на техніко-економічні показники процесу.

Третій спосіб – це термічне оброблення фосфатів, наприклад, лужне розкладання під час плавлення або спікання з солями лужних і лужноземельних металів, гідротермічне перероблення за наявності водяної пари.

За ступенем розчинності та доступністю засвоєння рослинами фосфорні добрива поділяють на три групи.

**Водорозчинні** – легкодоступні для засвоєння рослинами (суперфосфати).

**Напіврозчинні** – менш доступні для засвоєння рослинами, ніж водорозчинні форми. Фосфати цих добрив нерозчинні у воді, але переходять у розчин лимонної кислоти (лимонно-розчинні) або в лужний розчин цитрату амонію (цитратно-розчинні). До них належать преципітат, томасшлак, фосфатшлак, знефторені фосфати та ін.

**Нерозчинні у воді та погано розчинні у слабких кислотах** важкорозчинні фосфати, які важкодоступні для засвоєння більшістю сільськогосподарських культур (фосфоритне і кісткове борошно).

В окрему групу виділяють **конденсовані фосфати**, для яких розчинність як характеристика вмісту засвоюваних форм фосфору великого значення не має. Після внесення в ґрунт вони

---

---

перетворюються, внаслідок чого відбувається накопичення легкодоступних для рослин форм фосфору.

**Водорозчинні фосфорні добрива.** *Суперфосфат гранульований* (суперфосфат простий)  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  добувають дією сірчаної кислоти на фосфорити й апатити. Суперфосфат містить 19–21 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , зокрема не більш як 2,3 % у вигляді вільної фосфорної кислоти, що надає йому характерного запаху.

Суперфосфат містить до 50 % гіпсу  $\text{CaSO}_4$ , який має практичне значення як джерело сірки і як меліорант на засолених ґрунтах.

За зовнішніми ознаками суперфосфат – це гранули розміром від 1 до 4 мм темно-сірого (продукт перероблення фосфориту) або світло-сірого (продукт перероблення апатиту) кольору. Добриво можна застосовувати під усі культури і на всіх типах ґрунтів. При цьому рослини одночасно забезпечуються сіркою. Невисока концентрація фосфору в добриві дає змогу вносити його рівномірно в рядки під час сівби у мінімальних дозах – 10–15 кг/га  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

*Суперфосфат подвійний*  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_3\text{PO}_4$  добувають розкладанням фосфоритів фосфорною кислотою.

За зовнішніми ознаками він подібний до суперфосфату гранульованого, але гранули крупніші, вирівняні за розміром і темніші (сірого або темно-сірого кольору). Подвійний суперфосфат містить менше домішок і майже не містить сірки.

Хімічні та фізичні властивості подвійного суперфосфату, застосування і ефективність його такі самі, як і суперфосфату гранульованого. Проте він поступається суперфосфату гранульованому при удобренні культур, що позитивно реагують на сірку (капустяні, конюшина та ін.). Суперфосфат подвійний застосовують на всіх типах ґрунтів під усі культури.

Залежно від сировини і технології виробництва гранульований подвійний суперфосфат містить 42–50 % засвоюваного фосфору.

---

---

**Напіврозчинні фосфорні добрива.** *Преципітат*  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – порошок білого або кремового кольору, який погано розчиняється у воді, малогігроскопічний, не злежується, містить 38 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Фосфор у преципітаті переважно знаходиться у вигляді гідрофосфату кальцію  $\text{CaHPO}_4$ , що нерозчинний у воді, але добре розчинний у лужному розчині цитрату амонію, і тому доступний для рослин.

Використовують преципітат лише для основного внесення. При цьому він не поступається суперфосфату подвійному. На кислих ґрунтах він має деяку перевагу перед ним (менше зв'язується з ґрунтом).

*Термофосфати*  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 + \text{SiO}_2$  добувають сплавленням або спіканням за високої температури (1200–1400°C) природних фосфатів з піском, лужними солями та іншими сполуками. При цьому утворюються різні хімічні речовини, що містять від 20 до 40 % цитратно-розчинного фосфору, мають лужну реакцію та за своїми властивостями близькі до томасшлаку і мартенівського фосфатшлаку. За зовнішніми ознаками – це тонкорозмелені порошки з добрими фізичними властивостями. До термофосфатів належать також шлаки (томасшлак, фосфатшлак мартенівський), плавлені магнієві та знефторені фосфати та ін.

**Нерозчинні фосфорні добрива.** *Фосфоритне борошно*  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6 \cdot [(\text{OH}, \text{F})]_2$  містить фосфор у вигляді  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Його виготовляють розмелюванням збагачених природних фосфатів без попереднього хімічного оброблення. Тому вартість добрива невисока. За зовнішніми ознаками – це тонкорозмелений порошок сірого, темно-сірого або коричневого кольору. Вміст фосфору в добриві 19–30 %. Добриво не гігроскопічне, не злежується, добре розсіюється, але пилить. Тому його потрібно вносити машинами, що одночасно виконують роботи з транспортування, розвантаження, завантаження і внесення в ґрунт.

Фосфоритне борошно застосовують лише для основного удобрення.



---

---

Ефективність фосфоритного борошна тим вища, чим більше в ньому міститься фосфору і чим тонший помел фосфориту. Перспективною є грануляція фосфоритного борошна з фізіологічно кислими азотними і калійними добривами, що підвищить його ефективність.

**Конденсовані фосфати** – це продукти дегідратації дигідро- і гідрофосфатів. Вони є полі-аніонними агрегатами, що утворилися внаслідок виникнення між тетраедрами  $\text{PO}_4^{3-}$  зв'язків  $\text{P-O-P}$ .

Конденсовані фосфати – хімічно досить стійкі сполуки, але за певних умов зазнають гідролізу у водних розчинах, кінцевим продуктом якого є фосфат-іони.

Як мінеральні добрива перспективні *поліфосфати амонію, калію і кальцію*. Виробництво рідких комплексних добрив (РКД) ґрунтується на використанні суперфосфорної кислоти, що є сумішшю ортофосфорної і поліфосфорних кислот (див. “Комплексні добрива”).

Залежно від фізичних, хімічних і біологічних факторів внесені в ґрунт поліфосфати (впродовж від кількох діб до кількох місяців) гідролітично розкладаються і їх фосфор стає доступним для живлення рослин.

### 3.3.5. Особливості застосування фосфорних добрив

Ефективність фосфорних добрив залежить від їх властивостей, способів внесення, зональних особливостей ґрунтів та оптимально встановлених норм. Майже на всіх типах ґрунтів України фосфорні добрива дають значні прирости врожаю сільськогосподарських культур, але вони найефективніші на дерново-підзолистих ґрунтах і чорноземах (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

**Окупність помірних норм фосфорних добрив за  
збалансованого азотно-калійного живлення рослин  
(за даними польових дослідів агрохімслужби України)**

Зона, ґрунти	Окупність 1 кг Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> фосфорних добрив приростом урожаю сільськогосподарських культур, кг				
	пшениця озима	ячмінь ярий	картопля	бурак цукровий	соняшник
<i>Полісся, Карпати</i>					
Дерново-підзолисті	5,0	7,0	37	–	–
<i>Лісостеп</i>					
Чорноземи типові	3,7	3,2	1,7	26	3,5
Чорноземи опідзо- лені і темно-сірі лісові	3,5	6,5	40	90	–
Сірі лісові	4,7	8,8	40	90	–
<i>Степ</i>					
Чорноземи звичайні	7,3	4,8	–	27	2,0
південні	5,0	5,0	–	–	2,2
Темно-каштанові солонцюваті	2,3	1,8	–	–	–

Під час використання фосфорних добрив спостерігається така залежність: що вищий вміст рухомих сполук фосфору в ґрунті, то нижча їх ефективність. Підвищення їх вмісту на 10 мг/кг ґрунту забезпечує підвищення врожайності пшениці озимої на 0,8–1 ц/га, а бураку цукрового – на 8–9 ц/га. Проте така закономірність виявляється лише до певної межі. Так, при узагальненні численних дослідів з удобренням пшениці озимої в Україні було встановлено, що її продуктивність після внесення фосфору понад 120 кг/га не зростала навіть тоді, коли норми азотних і калійних добрив підвищували в 1,2–2 рази. Після внесення фосфорних добрив можна додатково отримати або

---

---

втратити без їх внесення до 7 ц/га пшениці озимої і 80 ц/га буряку цукрового.

Норми фосфорних добрив встановлюють з урахуванням рівня запланованої врожайності, біологічних особливостей сільськогосподарських культур, типу, гранулометричного складу й агрохімічних властивостей ґрунту, попередників, інших видів добрив. В основне удобрення, зазвичай, вносять від 40 до 120 кг/га  $P_2O_5$  залежно від виду сільськогосподарської культури. Вищі норми застосовують під плодові, овочеві й технічні культури, зокрема на малородючих ґрунтах, середні – під картоплю, кормові та інші культури. Достовірність підвищення врожаю від внесення фосфорних добрив за низького вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті: дуже висока – в пшениці озимої, буряку цукрового; висока – в гороху, люцерни, кукурудзи, ріпаку; середня – в сорго, сої, соняшнику; низька – у проса. Ці особливості потрібно враховувати під час розробки системи удобрення в сівозміні. Як зазначалося, пшениця і буряк цукровий дуже добре реагують на внесення фосфорних добрив. Тому під них економічно вигідно застосовувати підвищені норми фосфорних добрив з наступною післядією, наприклад, під кукурудзою і сорго.

Якщо довести вміст рухомих фосфатів у ґрунті до оптимального рівня (табл. 3.4), то в подальшому фосфорні добрива можна вносити лише для компенсації винесеного фосфору рослинами та втраченого внаслідок ерозії й отримувати стабільні врожаї сільськогосподарських культур. Перенасичення ґрунтів фосфором неефективне та економічно невиправдане.

Проте навіть і за досить високих запасів рухомих сполук фосфору в ґрунті концентрація фосфат-іонів у ґрунтовому розчині для повного забезпечення на перших етапах росту й розвитку молодих рослин може бути недостатньою. Тому обов'язковим агротехнічним заходом на всіх типах ґрунтів є стартове (рядкове) внесення фосфорних добрив у дозі 7–20 кг/га  $P_2O_5$ . Проте насіння деяких культур (кукурудза, соняшник) дуже

---

---

пригнічується від контактування з добривами. Тому між ними має бути прошарок ґрунту, а доза добрив — мінімальною. Під час сівби можна вносити різні форми фосфорних добрив — суперфосфати, суперфос, амофос, амофосфат тощо. Рядкове внесення 1 ц/га суперфосфату гранульованого забезпечує підвищення врожайності зернових на 5–6 ц/га, тоді як за розкидного — на 1–2 ц/га.

В умовах нестійкого і недостатнього зволоження ефективність добрив значно залежить від глибини загортання їх у вологий ґрунт. Фосфор із добрив найкраще засвоюється тоді, коли вони загорнуті в шар ґрунту 12–25 см. У зв'язку з малою рухомістю фосфатів у ґрунті перенесення частини фосфору з основного удобрення для підживлення або заміна ним основного удобрення недоцільна навіть тоді, коли використовують його легкодоступні форми. Отже, рядкове удобрення використовують для поліпшення умов живлення рослин фосфором на початку вегетації, а основне — для забезпечення їх цим елементом упродовж усього вегетаційного періоду.

Ступінь розчинності фосфорних добрив не завжди збігається з їх удобрювальною цінністю.

Напіврозчинні та нерозчинні фосфорні добрива насамперед використовують під такі культури, як люпин, гречка, жито, горох, гірчиця, що засвоюють фосфор краще, ніж інші культури. Ефективність фосфорних добрив підвищується під час внесення їх на фоні гною та інших органічних добрив. При цьому відбувається зв'язування заліза й алюмінію органічними речовинами, що зменшує осадження нерозчинних фосфатів та підвищує їх розчинність.

Ефективність фосфорних добрив пов'язана також з реакцією ґрунтового розчину. На дерново-підзолистих ґрунтах позитивна дія фосфорних добрив, внесених під пшеницю озиму, підвищується зі зменшенням кислотності ґрунту до рН 5,6, а на більш лужних ґрунтах вона знижується. Тому вапнування кислих ґрунтів є одним із заходів підвищення ефективності

---

---

фосфорних добрив. На слабокислих і лужних ґрунтах ефективність малорозчинних фосфорних добрив порівняно з суперфосфатом знижується. Тому їх потрібно насамперед вносити на кислих ґрунтах, щоб використати кислотність ґрунтового середовища для підвищення їх розчинності. Суперфосфати на кислих ґрунтах доцільно вносити локально до сівби або одночасно із сівбою сільськогосподарських культур, оскільки вони швидко перетворюються у важкорозчинні форми. Рядкове удобрення забезпечує розміщення добрив біля насіння рослин і скорочує тривалість їх взаємодії з ґрунтом до періоду їх активного засвоєння. Позитивний вплив локалізації добрив пояснюють зниженням фіксації фосфору внаслідок взаємодії добрива з меншим об'ємом ґрунту, створення поблизу коренів рослин зон з підвищеним вмістом рухомих фосфатів.

У дослідженнях з  $^{32}\text{P}$  встановлено (Носко Б.С., 1987), що за рівномірного переміщення фосфору з ґрунтом близько половини фосфору поглинається вже впродовж перших двох годин, а інша частина – впродовж кількох діб. Отже, рослини використовують фосфор уже із сполук, що утворюються в результаті взаємодії фосфорних добрив з ґрунтом та притаманних такому типу ґрунтів. Тільки цим можна пояснити однакову ефективність суперфосфату, внесеного за рік до сівби й перед сівбою сільськогосподарських культур. На швидкість поглинання фосфору ґрунтом можна впливати двома способами: насиченістю ґрунтових колоїдів фосфатами та локалізацією фосфорних добрив. За розкидного внесення фосфорних добрив для повного насичення ґрунтових колоїдів потрібні занадто високі норми фосфорних добрив. За локального внесення поглинання фосфатів відбувається тільки по периферії стрічки добрив, у середині ж вогнища фосфати залишаються у легкодоступній для рослин формі. Це сприяє кращому забезпеченню рослин фосфором упродовж вегетації, причому зростає врожай і коефіцієнт використання фосфору добрив. Локальне внесення фосфорних добрив під зернові,

---

---

картоплю та інші культури на 20–25 % підвищує їх ефективність. На ґрунтах, достатньо забезпечених рухомими формами фосфору, а також під час вирощування культур, які інтенсивно його засвоюють (люпин, горох, гречка та ін.), різна розчинність форм мінеральних добрив не має великого значення. Проте на ґрунтах слабокислих або близьких до нейтральних, з низьким вмістом рухомих фосфатів, зокрема під час вирощування культур, які потребують багато фосфору на початку росту, перевагу потрібно надавати легкорозчинним формам фосфорних добрив.

Підживлення фосфорними добривами, що містять водорозчинні сполуки фосфору, за міжрядного обробітку просапних культур дає позитивний результат лише тоді, коли з певних причин вони були в недостатній кількості внесені в основне удобрення. Перенесення частини фосфору в підживлення недоцільне.

Позакореневі підживлення фосфорними добривами економічно невиправдані, оскільки приходится застосовувати низькоконцентровані розчини, щоб не обпалити листя, і їх майже не використовують у виробничих умовах, за винятком сумісного внесення з іншими агрохімікатами і пестицидами.

Нині спостерігається значний дефіцит фосфору в землеробстві України, тому внесення основних норм фосфорних добрив потрібно сконцентрувати на орних ґрунтах з недостатнім вмістом рухомих сполук фосфору (менш як 100 мг/кг ґрунту). На ґрунтах, з підвищеним вмістом рухомих фосфатів (100–150 мг/кг) потрібно передбачати рядкове внесення фосфорних добрив під найцінніші культури – пшеницю озиму, кукурудзу, зернобобові, ріпак, буряк цукровий, льон. На ґрунтах з високим вмістом (150 мг/кг і більше) фосфорних добрив можна тимчасово (впродовж кількох років) не застосовувати. Такий підхід дає змогу отримати найвищу окупність цих дорогих туків у господарстві.

---

---

Засвоєння фосфору рослинами, ефективність добрив і залишкових фосфатів у ґрунті збільшується за достатнього забезпечення рослин іншими елементами живлення, зокрема мікроелементами. У свою чергу, оптимальний вміст фосфору в ґрунті підвищує ефективність інших видів добрив.

### **? Питання для самоконтролю**

1. Яке значення має фосфор для живлення рослин?
2. Які сполуки є джерелом фосфору для живлення рослин?
3. В яких формах міститься фосфор у ґрунті?
4. Що є сировиною для виробництва фосфорних добрив?
5. Як взаємодіють фосфорні добрива з ґрунтом?
6. Схарактеризуйте властивості та особливості застосування різних форм фосфорних добрив.
7. Що потрібно враховувати при визначенні способів внесення фосфорних добрив?
8. Назвіть основні умови ефективного застосування фосфорних добрив.
9. Які прирости врожаїв отримують від застосування фосфорних добрив?

## **3.4. КАЛІЙ І КАЛІЙНІ ДОБРИВА**

### **3.4.1. Особливості живлення рослин калієм**

Поряд з азотом і фосфором калій є основним елементом живлення рослин. У рослинах він знаходиться в іонній формі, тому не входить до складу органічних сполук клітин. Він переважно зосереджений у цитоплазмі та вакуолях. Калій вимивається з рослин дощем, особливо зі старих листків. Молоді

---

---

органи рослин містять його значно більше, ніж старі. У процесі росту й розвитку рослин калій переміщується зі старих органів і тканин у молоді органи, що ростуть, де він використовується повторно. Тому у вегетативних органах вміст калію завжди більший, ніж у насінні, бульбах і коренеплодах. Так, у листках картоплі, соняшнику, буряку цукровому міститься 4–6 %  $K_2O$ , в соломі зернових – 1,0–1,5, в капусті – до 0,5 % у перерахунку на суху речовину, тоді як у насінні зернових його близько 0,5 %, у коренеплодах – 0,3–0,6 %.

З усіх зольних елементів рослини найбільше засвоюють калій. За середньої врожайності зернові виносять 50–90, а буряк цукровий, картопля, овочеві культури – 200–400 кг/га  $K_2O$ . Засвоєння калію рослинами впродовж вегетації залежить від їхніх біологічних особливостей. Так, зернові культури найбільше засвоюють його у фазі виходу в трубку – колосіння, льон – під час цвітіння, картопля і буряк цукровий – у період найбільшого приросту біомаси.

До найбільш калієфільних культур належать буряк, картопля, ріпак, овочі, соняшник, льон. У системі їх удобрення (у співвідношенні  $N:P:K$ ) має переважати калій, тоді як для зернових найбільше потрібний азот.

Калій у рослинах бере активну участь у білковому і вуглеводному обміні, активує діяльність ферментів, регулює процеси відкривання і закривання продихів на листках, поглинання вологи кореневою системою, що сприяє раціональному й ефективному використанню води. Тому забезпеченість рослин калієм підвищує їх стійкість проти посухи та несприятливої дії високих і низьких температур. Під впливом калію рослини стають більш морозостійкими, що пов'язано зі збільшенням у клітинах вмісту цукрів, підвищенням осмотичного тиску; потовщуються стінки соломини, що збільшує стійкість рослин до вилягання, поліпшуються вихід і якість волокна льону, конопель тощо; накопичується більше цукрів у буряку цукровому та інших коренеплодах, крохмалю – в бульбах



---

---

картоплі, підвищується стійкість рослин проти грибних і бактеріальних захворювань, наприклад картоплі, коренеплодів, овочевих культур – проти збудників гнилі, зернових – проти борошнистої роси, іржі. Крім того, калій позитивно впливає на смакові якості плодів.

Нестача калію гальмує деякі біохімічні процеси в рослині, що негативно впливає на обмін речовин. Спочатку молоді рослини жовкнуть, потім буріють і поступово відмирають. Відмирання старіших листків починається з верхівки, поширюється вниз по їх краях, а потім між жилками. Характерною ознакою калійного голодування є “опіки” країв листків, дрібні іржаві плями на їх пластинках. Рослини в’януть, стебла стають ламкими, що спричинює вилягання зернових культур, гальмується розвиток репродуктивних органів, зерно формується щуплим і має погану схожість. За нестачі калію клітини ростуть нерівномірно, що викликає гофрованість, куполоподібне закручування листків. У картоплі на листках також з’являється характерний бронзовий наліт. Недостатнє живлення калієм збільшує витрати цукрів на дихання, знижує врожайність та якість продукції, погіршує здатність до зберігання овочів і фруктів. Найчастіше від нестачі калію потерпають картопля, коренеплоди, капуста, силосні культури, багаторічні трави, оскільки їм потрібно багато цього елемента. Менш чутливі – зернові культури, але за гострого його дефіциту вони погано кущаться, міжвузля стебел вкорочується, а листки, переважно нижні, в’януть навіть за достатньої вологості ґрунту.

За надмірного калійного живлення рослин спочатку між жилками листків з’являється мозаїка блідих плям, які з часом буріють, і листки опадають. Ріст і цвітіння рослин затримуються, у бульбах картоплі знижується вміст крохмалю, погіршуються їх смакові якості. Крім того, за надлишку калію в ґрунті спостерігається магнієве голодування рослин.

---

---

### 3.4.2. Калійний фонд ґрунту

Загальний вміст калію в ґрунтах коливається від 0,5 до 3 %, що у 10–15 разів перевищує запаси азоту і фосфору. У ґрунті калій знаходиться переважно в мінеральній частині:

1) в складі кристалічної ґратки первинних і вторинних мінералів;

2) в обмінно і необмінно поглиненому стані в колоїдних часточках;

3) у складі післязбирально-коренових залишків і мікроорганізмів;

4) у вигляді мінеральних солей ґрунтового розчину.

**Калій органічних речовин.** Оскільки калій не утворює в живих організмах стійких органічних сполук, його кількість в органічних речовинах ґрунту незначна. Ця форма калію переважно міститься у верхніх шарах ґрунту в складі свіжої біомаси; вона досить недовговічна тому, що в процесі її мінералізації калій швидко переходить у ґрунтовий розчин.

**Калій мінерального скелета** досить повільно перетворюється на обмінну і розчинну форми і тому не має особливого значення в живленні рослин. Переважна частина калію в ґрунті знаходиться в кристалічній ґратці польових шпатів (ортоклаз, мікроклін), слюд (мусковіт, біотит, флогопіт) та ілітів. Його вміст майже повністю залежить від наявності в ґрунтоутворювальних породах калієвмісних мінералів.

Найкращим джерелом живлення рослин є розчинні солі калію. Найближчим резервом живлення є гідрослюди, вермикуліти, вторинні хлорити, монтморилоніт, необмінні катіони. Потенційним резервом – польові шпати, слюди, піроксени і первинні хлорити.

Найбільше калію міститься в глинистих чорноземних ґрунтах. У засолених ґрунтах його вміст значно більший, і тому досить часто відпадає потреба у застосуванні на них калійних добрив. У ґрунтах легкого гранулометричного складу (піщаних і

---

---

супіщаних) вміст калію значно менший. Найбідніші на калій торф'яні ґрунти, де вміст цього елемента коливається від 0,03 до 0,15 %. У ґрунтах калій, зазвичай, перебуває в недоступних для рослин формах.

*Валовий* або *загальний калій* об'єднує у своєму складі різні форми калійних сполук, які класифікуються таким чином:

- 1) водорозчинний калій (легкодоступний рослинам);
- 2) обмінний калій (добре доступний рослинам);
- 3) рухомий калій (сума водорозчинного і обмінного калію), вилучається з ґрунту сольовими і кислотними витяжками;

- 4) необмінний гідролізований калій (важко обмінний, інертний або резервний), додатково вилучається з ґрунту киплячим розчином сильної кислоти (0,2 н або 10 %-ним розчином соляної кислоти) і є найближчим резервом для живлення рослин;

- 5) кислоторозчинний калій, об'єднує всі чотири попередні форми і вилучається з ґрунту киплячим розчином сильної кислоти;

- 6) необмінний калій (різниця між валовим і кислото-розчинним калієм).

Обмінний і необмінний гідролізований калій можна визначити розрахунковим методом – за різницею між рухомим і водорозчинним калієм, а необмінний гідролізований – за різницею між кислоторозчинним і рухомим.

*Водорозчинний калій* – це калій водорозчинних солей мінеральних і органічних кислот, а також калій, що переходить у водорозчинну форму з ГВК і калієвмісних мінералів під час взаємодії з водою. Його вміст у ґрунтах невисокий (5–20 мг/кг), за винятком засолених, де його вміст досягає 50 мг/кг і більше. Водорозчинний калій найкраще і найлегше засвоюється рослинами, але його вміст неповністю відображає умови калійного живлення. За вмістом водорозчинного калію ґрунти поділяють

на малозабезпечені (< 10 мг/кг), середньозабезпечені (10–30) і високозабезпечені (> 30 мг/кг).

**Обмінний калій** – основний показник забезпеченості ґрунту доступним для рослин калієм. Він представлений іонами калію, що знаходяться на поверхні негативно заряджених колоїдних часточок ґрунту. Вміст обмінного калію характеризує генетичні особливості ґрунту та інтенсивність антропогенної дії.

Найчастіше на практиці визначають вміст рухомих сполук калію в ґрунтах за методами Кирсанова (0,2 н розчин  $\text{HCl}$ ), Чирикова (0,5 н розчин  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), Мачигіна (1 %-й розчин  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ) (табл. 3.5).

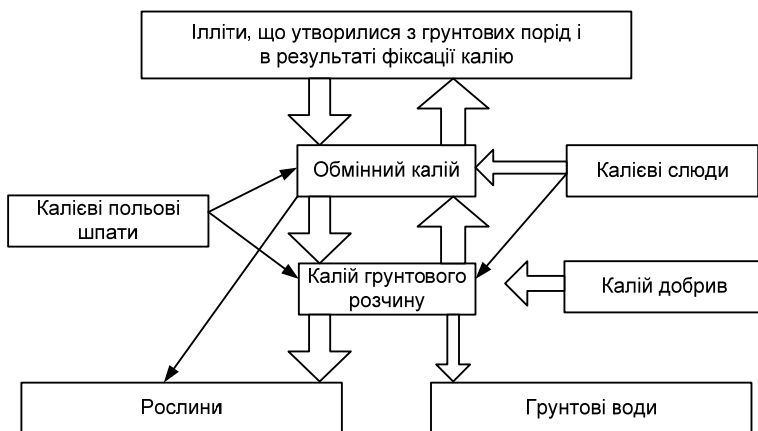
Таблиця 3.5

### Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук калію щодо здатності забезпечувати ним сільськогосподарські культури

Група	Колір на картограмі	Ступінь забезпеченості рослин	За методом		
			Кирсанова	Чирикова	Мачигіна
			$\text{K}_2\text{O}$ , мг/кг ґрунту		
1	Червоний	Дуже низький	< 40	< 20	< 50
2	Оранжевий	Низький	40–80	20–40	50–100
3	Жовтий	Середній	80–120	40–80	100–200
4	Зелений	Підвищений	120–170	80–120	200–300
5	Голубий	Високий	170–250	120–180	300–400
6	Синій	Дуже високий	> 250	> 180	> 400

Вміст у ґрунті рухомих сполук калію, який є основною формою для живлення рослин, становить лише 0,5–2 % від валового.

**Необмінний калій.** Майже половину валового вмісту калію становить калій, здатний поступово перетворюватися на обмінні форми (рис. 3.6).



**Рис. 3.6. Модель калійного стану ґрунту**  
(за Т.О. Соколовою; товщина стрілок умовно відображає  
силу зв'язків між окремими компонентами системи)

К.К.Гедройц ще в 1912 р. за допомогою вегетаційних дослідів довів, що за завчасного видалення обмінного калію з ґрунту рослини нормально розвиваються і не виявляють явних ознак його нестачі. Це доводить те, що поповнення запасів обмінного калію відбувається за рахунок необмінних його форм.

Між формами калію в ґрунті існує динамічна (рухома) рівновага:

***Калій водорозчинний  $\rightleftharpoons$  Калій обмінний  $\rightleftharpoons$  Калій необмінний.***

Використовуючи калій, рослини знижують його концентрацію в ґрунтовому розчині, яка відновлюється із ГВК, за рахунок обмінного і необмінного калію. Цей процес пришвидшує підсушування і зволоження ґрунту. Тому вважають, що джерелом калію для живлення рослин є всі його форми, що містяться в ґрунті. Темпи поповнення запасів водорозчинного калію за рахунок інших форм калію ґрунту, зазвичай, відстають від темпів його засвоєння рослинами, що зумовлює потребу застосування калійних добрив.

---

---

Застосування калійних добрив – досить ефективний засіб поліпшення живлення рослин калієм, але створити оптимальний вміст рухомих сполук калію в ґрунті значно складніше, ніж, наприклад, фосфору. Внаслідок різного складу глинистих мінералів у дерново-підзолистих ґрунтах під час внесення калійних добрив збільшується вміст обмінних форм калію, а в чорноземах – необмінних.

За рухомістю по профілю ґрунту калій займає проміжне положення між азотом і фосфором. Тому за спроби створити оптимальний калійний режим на глинистих, важких за гранулометричним складом ґрунтах значна частина калію перетворюється на недоступні форми внаслідок його фіксації мінералами. На ґрунтах легкого гранулометричного складу калій добрив вимивається з орного шару, а іноді навіть за межі шару ґрунту, де знаходяться корені, в підґрунтові води.

### **3.4.3. Колообіг калію в природі**

Середній вміст калію в земній корі становить 2,5 %. Це один з основних біогенних елементів. Його вміст у біомасі коливається від 20 (в пустелях) до 2000 кг/га (у дубових лісах). Щороку в ґрунт з біомасою повертається від 3–5 до 300 кг/га калію. Водночас в умовах сільськогосподарських угідь з урожаєм виноситься від 20 до 500 кг/га калію. Проте його колообіг в землеробстві більш сприятливий, ніж фосфору. На відміну від азоту і фосфору, основна частина калію міститься в нетоварній частині рослинницької продукції – листках, стеблах, соломі, які використовують на корм і підстилку. Тому за раціонального використання нетоварної частини врожаю і гною значна його частина може повертатися в ґрунт.

Незначна кількість калію надходить у ґрунт з насінням (близько 2 кг на 1 га) і атмосферними опадами (5 кг). Проте ні цей калій, ні повернений з органічними добривами не може компенсувати винос його з урожаєм і втрати з ґрунту.

---

---

На інтенсивність вимивання калію з шару ґрунту, де ростуть корені, впливають гранулометричний склад ґрунту, його зволоженість (опади, поливи), рівень залягання ґрунтових вод, норми добрив, сільськогосподарське використання. Частина калію сільськогосподарських угідь втрачається внаслідок ерозії.

#### 3.4.4. Форми калійних добрив

Сировиною для виробництва калійних добрив є природні поклади калійних солей і ропа солоних озер. Із 120 калієвмісних мінералів і руд для виробництва калійних добрив використовують лише сильвін, сильвініт, карналіт, каїніт, шепіт, лангбейніт, алуніт, полігаліт.

Значні поклади калійних солей є в Канаді, Німеччині, Росії, Білорусі, Україні, Ізраїлі, США, Іспанії та в інших країнах.

В Івано-Франківській і Львівській областях знаходиться найбільше в світі (запаси понад 2,5 млрд т) Прикарпатське родовище калійних солей сульфатно-хлоридного типу.

**Калій хлористий  $KCl$**  – калійне добриво, яке добувають під час перероблення сильвінітових і карналітових руд. Залежно від способу виробництва калій хлористий містить від 57 до 60 %  $K_2O$ . За зовнішніми ознаками – це спресовані гранули неправильної форми сірувато-білого або з відтінками червоно-бурого кольору.

**Сульфат калію  $K_2SO_4$**  – висококонцентроване безхлорне калійне добриво. За зовнішніми ознаками – це дрібнокристалічний порошок білого кольору з жовтим відтінком, добре розчинний у воді, не злежується. Містить 48–54 %  $K_2O$ . Це фізіологічно кисле добриво..

Сульфат калію можна застосовувати на всіх типах ґрунтів і під усі культури. Порівняно з хлорвмісними добривами він забезпечує достовірні прирости врожаю винограду, гречки, тютюну та інших культур у засушливих районах. Сульфат калію

---

---

досить широко застосовують в овочівництві, зокрема в захищеному ґрунті, та в плідівництві.

З 1 кг калію, внесеного у формі  $K_2SO_4$ , ґрунт отримує близько 1 кг сірки. Наявність сірки в добриві позитивно впливає на продуктивність капустяних, бобових та деяких інших культур.

**Калімагnezія** (сульфат калію-магнію, потенкалі)  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$  містить 25–30 %  $K_2O$ , 8 %  $MgO$  і не більш як 15 % хлору. Випускають у вигляді спресованих гранул неправильної форми білого кольору, іноді з рожевим або сірим відтінком. Добриво не гігроскопічне, не злежується, добре розсіюється. Виробляють калімагnezію кристалізацією з природних сульфатних солей, переважно з шеніту. Тому його іноді називають шенітом.

Калімагnezію можна застосовувати на всіх типах ґрунтів під усі культури, але найдоцільніше її використовувати під культури, чутливі до хлору. Завдяки вмісту в добриві магнію воно особливо ефективне на дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу.

**Концентрат калійно-магнієвий** (калімаг, калімаг флотаційний, збагачений каїніт)  $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$  містить 18–20 %  $K_2O$ , 8–9 %  $MgO$  і до 8 % хлору. Калімаг Супер містить не менш ніж 40 %  $K_2O$ . Випускають у вигляді гранул сірого кольору внаслідок збагачення природного каїніту. За ефективністю близький до калімагnezії.

**Змішана калійна сіль** ( $KCl \cdot nNaCl$ ) +  $KCl$  містить 40 %  $K_2O$ , близько 20 –  $Na_2O$  і 50 % хлору. Добувають механічним змішуванням калію хлористого з меленим каїнітом або сильвінітом. За зовнішніми ознаками — це суміш сірих, білих і червонуватих кристалів дрібного й середнього розмірів. Добриво малогігроскопічне, добре розчиняється у воді. За тривалого зберігання може злежуватися. Змішані каліє- і натрієвімісні добрива використовують під коренеплоди, а також під помідор, капусту, лучні й злакові трави. Для культур, чутливих до вмісту хлору, воно менш придатне, ніж калій хлористий.



---

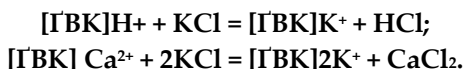
---

**Екоплант** (зола соняшникова) містить 49 %  $K_2O$ , 7–8 –  $P_2O_5$ , 12 –  $CaO$  і 10 %  $MgO$ .

**Деревний попіл** – цінне калійно-фосфорно-вапняне добриво, що містить до 15 %  $K_2O$  вигляді  $K_2CO_3$ , 7 –  $P_2O_5$  і близько 40 %  $CaO$ . На відміну від промислових добрив не містить хлору.

Зберігати деревний попіл потрібно в сухих закритих приміщеннях, оскільки на відкритому повітрі з атмосферними опадами з нього вимиваються легкорозчинні сполуки калію, після чого його можна використовувати лише як вапняно-фосфорне добриво. Найефективніше застосовувати деревний попіл на кислих ґрунтах легкого гранулометричного складу і торфовищах. Норму внесення попелу розраховують за вмістом у ньому калію і фосфору. Попіл вносять під час основного обробітку ґрунту. Фосфор із деревного попелу за ефективністю близький до преципітату і термофосфатів.

Усі калійні добрива добре розчинні у воді. Після внесення в ґрунт вони швидко розчиняються ґрунтовою вологою і вступають у реакції обміну з ГВК:



Завдяки обмінним реакціям калій вбирається ґрунтовими колоїдами, що знижує його рухомість у ґрунті, але при цьому він залишається доступним для живлення рослин. Іони хлору залишаються в ґрунтовому розчині, тому легко вимиваються з орного шару ґрунту.

Усі калійні добрива – фізіологічно кислі солі, але значне підкислення ґрунтового розчину спостерігається лише за тривалого їх застосування у великих нормах. Збільшення концентрації хлору в ґрунтовому розчині під час застосування калійних добрив негативно впливає на продуктивність деяких культур – картоплі, льону, гречки, тютюну, винограду, цитрусових та інших, але цей вплив іноді перебільшують. Для

---

---

зменшення негативної дії хлору хлоровмісні калійні добрива потрібно вносити восени в оптимальних нормах під час основного обробітку ґрунту. Під дією атмосферних опадів в осінньо-зимовий період іони хлору вимиваються з шару ґрунту, де ростуть корені, а іони калію залишаються у місці внесення добрива.

Залежно від гранулометричного складу ґрунту і норм калійних добрив невідмінне поглинання (фіксація) калію добрив може становити від 15 до 80 %. Фіксація значно знижує доступність калію для рослин.

Характер взаємодії калійних добрив з ГВК доводить про досить слабку міграцію калію по ґрунтовому профілю, за винятком піщаних і супіщаних ґрунтів. Зазвичай, на ґрунтах середнього і важкосуглинкового гранулометричного складу калій добрив не переміщується із метрового, тобто корене-вмісного шару ґрунту.

### **3.4.5. Особливості застосування калійних добрив**

Калійні добрива найефективніші на легких за гранулометричним складом дерново-підзолистих ґрунтах Полісся, на осушених торф'яниках, сірих лісових ґрунтах і чорноземах вилужених Лісостепу (табл. 3.6).

У Степу, де природний вміст калію високий, калійні добрива насамперед доцільно вносити на незасолених чорноземах, в першу чергу, на зрошуваних полях. Калійні добрива на солонцюватих і засолених ґрунтах не вносять.

Чорноземні ґрунти Лісостепу і Степу містять значну кількість доступного для рослин калію. Вони також багаті на невідмінний калій, який активно перетворюється на рухомі форми, тому ефективність калійних добрив на цих ґрунтах незначна. Навіть під час вирощування культур, що споживають велику кількість калію (просапні й технічні), вони слабо реагують на внесення калійних добрив. Особливо це

простежується на ґрунтах важкого гранулометричного складу. Проте з часом, зокрема, за систематичного вирощування калієфільних культур та при внесенні високих норм азотних і фосфорних добрив, ефективність калійних добрив зростає. Пояснюють це збідненням неудобрених ґрунтів на калій унаслідок його виносу врожаєм культур.

Таблиця 3.6

**Окупність помірних норм калійних добрив за  
збалансованого азотного і фосфорного живлення рослин  
(за даними польових дослідів агрохімслужби України)**

Зона, ґрунти	Окупність 1 кг К <sub>2</sub> O приростом урожаю, кг				
	пшениця озима	ячмінь ярий	картопля	буряк цукровий	соняшник
<i><b>Полісся, Карпати</b></i>					
Дерново-підзолисті	2,7	5,0	60	37	–
<i><b>Лісостеп</b></i>					
Чорноземи типові та опідзолені	4,2	1,7	13	60	6,3
Темно-сірі лісові	5,0	6,0	40	73	4,0
Сірі лісові	5,1	4,0	47	–	–
<i><b>Степ</b></i>					
Чорноземи звичайні	3,0	1,5	–	8	2,7
Чорноземи південні	1,7	2,0	–	–	2,3
Темно-каштанові солонцюваті	1,0	0,8	–	–	–

Систематичне внесення добрив, навіть з урахуванням виносу врожаєм, істотно не збільшує вміст рухомих форм калію в чорноземах, що пов'язано з високою насиченістю ГВК двовалентними основами, які запобігають поглиннанню калію.

---

---

У зв'язку з цим калій, порівняно з фосфором, можна вносити про запас лише на 2–3 роки, але цей спосіб внесення калійних добрив для луків і пасовищ не рекомендують, оскільки підвищений вміст калію в кормах негативно впливає на його якість.

Для більшості сільськогосподарських культур середні норми калійних добрив становлять 45–60 кг/га  $K_2O$ . Під культури, які виносять з урожаєм багато калію (буряк, картопля, тютюн, соняшник, плодові та деякі овочеві), норми добрив збільшують до 90–120 кг/га  $K_2O$ . Оптимальний вміст обмінного калію в ґрунті для калієфільних культур порівняно із зерновими, зернобобовими, однорічними і багаторічними травами вищий.

Закономірна дія калійних добрив виявляється тоді, коли вміст рухомих сполук калію в ґрунті становить 60–100 мг/кг, тобто для більшості орних земель ефективність калійних добрив нестійка.

Незважаючи на те, що оптимальні рівні вмісту рухомих сполук калію в ґрунті встановлено, вони потребують уточнення і диференціації, оскільки залежать від багатьох причин і умов.

1. Внесення калійних добрив сприяє поповненню всіх форм калію в ґрунті. Кожна ґрунтова відміна має свою і лише їй характерну ємність щодо засвоюваних форм калію. У ґрунтах дерново-підзолистого типу більше накопичується обмінної форми калію, а в чорноземах – необмінної, яка може досягати 60 % внесеного калію. В усіх випадках доступні форми калію в міру їх використання поновлюються за рахунок необмінних його форм. Тому їх потрібно враховувати як потенційно доступні форми.

2. Калій за рухомістю в ґрунті займає проміжне положення між азотом і фосфором, тому при спробі створення оптимального калійного рівня за одноразового внесення високих норм калійних добрив на ґрунтах важкого гранулометричного складу калій перетворюється на необмінно-фіксовану, менш доступну для рослин форму, але в ґрунтах легкого гранулометричного складу калій у значній кількості мігрує по його профілю.

---

---

3. У зв'язку з антагонізмом кальцію і калію під час вапнування кислих ґрунтів рівень вмісту рухомих сполук калію має бути вищим. Для цього норму калійних добрив збільшують на 30–50 %.

4. Культурні рослини по-різному реагують на рівень калійного живлення, тому в сівозміні необхідний диференційований підхід щодо його оптимізації. Насамперед удобрюють калієфільні культури – буряк, картоплю, соняшник тощо.

5. Зазвичай, сільському господарству поставляють хлоромісні калійні добрива. Негативну дію хлору усувають оптимізацією норм, строків і способів внесення добрив.

Ефективна дія деяких форм калійних добрив виявляється залежно від ґрунтово-кліматичних умов та біологічних особливостей культур. На формування врожаю сільськогосподарських культур і його якість, крім калію, впливають також й інші елементи, що містяться в калійних добривах, – натрій, магній, сірка, хлор тощо.

На ґрунтах легкого гранулометричного складу важливе значення мають калійно-магnezіальні добрива (калімагnezія, калімаг та ін.), які, крім калію, містять ще й магній. На чорноземних ґрунтах усі форми калійних добрив за ефективністю майже рівноцінні. Майже всі форми калійних добрив підкислюють ґрунт, тому на кислих ґрунтах їх застосування потрібно поєднувати з вапнуванням.

На ґрунтах середнього і важкого гранулометричного складу калійні добрива вносять під час осіннього обробітку ґрунту. Добрива при цьому потрапляють у вологий шар ґрунту, де знаходиться основна маса коренів, і краще засвоюються рослинами. Внаслідок адсорбції калій утримується в орному шарі ґрунту, а хлор під дією атмосферних опадів переміщується (вимивається) вниз по профілю ґрунту. На ґрунтах легкого гранулометричного складу в умовах достатнього зволоження калійні добрива краще застосовувати навесні під час передпосівного обробітку ґрунту. Для підживлення калійні добрива

---

---

менш ефективні, ніж за разового внесення всієї норми до сівби, оскільки коренева система рослин розвивається в пошуках вологи у глибших горизонтах. Лише в умовах зрошення на ґрунтах легкого гранулометричного складу іноді доцільно частину норми калію застосовувати для підживлення просапних культур.

Невеликі дози калійних добрив (10–15 кг/га  $K_2O$ ) вносять у рядки під час сівби сільськогосподарських культур. Особливо ефективне рядкове внесення калійних добрив одночасно з фосфорними під час сівби озимих культур, що сприяє підвищенню їх зимостійкості. Проте підвищення доз рядкового внесення калійних добрив знижує схожість насіння.

### **? Питання для самоконтролю**

1. Яке значення має калій у житті рослин?
2. Назвіть зовнішні ознаки калійного голодування рослин.
3. Які запаси і форми калію є в ґрунті? Як їх поділяють за доступністю для рослин?
4. Назвіть основні родовища калійних руд і способи добування калійних добрив.
5. Як взаємодіють калійні добрива з ґрунтом?
6. Які особливості застосування різних форм калійних добрив?
7. Назвіть умови ефективного застосування калійних добрив.
8. Як впливають калійні добрива на якість урожаю?

---

---

### 3.5. СІРКА І СІРЧАНІ ДОБРИВА

**Сірка** – один з найважливіших елементів живлення рослин, без якого неможливе життя, один з основних складових білка.

Потреба у ній приблизно така ж сама, як і в фосфорі.

За потребою у живленні сіркою рослини поділяють на три групи:

- найвибагливіші: ріпак, гірчиця, капуста, ріпа, цибуля, часник. Із середнім урожаєм вони виносять 40–80 кг/га сірки. Найнебезпечнішою є нестача сірки у ґрунті для ріпаку;
- середньовибагливі: бобові (горох, соя, люцерна, конюшина та ін.), кукурудза, буряк. Ці культури засвоюють 20–40 кг/га сірки;
- менш вибагливі: зернові, трави, картопля. Вони засвоюють 10–25 кг/га сірки.

Рослини засвоюють сірку з ґрунту у вигляді іонів  $\text{SO}_4^{2-}$  кореневою системою, а з атмосфери – у формі окисненої сірки  $\text{SO}_2$  листовою поверхнею. У рослинах відбуваються перетворення сірки, і вона входить до складу амінокислот (цистеїну, цистину, метіоніну), білків, вітамінів, ферментів тощо. Сірка відіграє важливу роль в окисно-відновних процесах, активізації ферментів, синтезу білків, бере участь у синтезі хлорофілу. Окиснена форма сірки – вихідний продукт для синтезу білків, вона є кінцевим продуктом її розкладання. Сірка бере участь в асиміляції нітратів рослинами, стримує їх накопичення в бульбах картоплі та інших культурах. Для оптимального росту рослин вміст сірки у їх сухій речовині має становити від 0,1 до 0,65 %. Для злакових зернових культур співвідношення  $\text{N}:\text{S}$  більше як 16 : 1 вказує на порушення в сірчаному живленні, тоді як для культур родини Капустяних – 1 : 9.

За нестачі сірки в живленні рослин затримується синтез білків, накопичується азот у небілковій формі або у формі

---

---

нітратів. За зовнішніми ознаками голодування рослин за нестачі сірки досить подібне до нестачі азотного живлення, оскільки азот і сірка мають загальні властивості в метаболізмі рослин. Це іноді призводить до помилок, унаслідок чого завищуються норми азотних добрив, що знижує врожай і його якість. В умовах нестачі сірки рослини припиняють ріст і розвиток, листки стають світло-жовтими і навіть білими, зменшується їх стійкість проти хвороб, посухи і низьких температур. Реутилізація сірки, тобто її переміщення від старих листків до молодих, незначна. Тому за дефіциту сірки від хлорозу першими потерпають молоді листки, а азоту – старі, хоча обидва елементи використовуються для будови білка. Особливо чітко нестача сірки виявляється у рослин родини Капустяних. У бобових культур знижуються життєдіяльність бульбочкових бактерій та синтез хлорофілу.

Застосування різних сірчаних добрив сприяє такому приросту врожаю, ц/га: пшениці озимої – 2–4, жита озимого – 1,5–3, ячменю ярого – 2–3, сіна конюшини – 15, бульб картоплі – 30. Крім того, під дією сірки, як уже зазначалося, поліпшується якість продукції. Так, вміст білка в зернових культур підвищується на 1–2 %.

На мінеральну форму сірки в ґрунті припадає 10–20 % її валового вмісту. Вона представлена сульфатами і сульфідами кальцію, магнію та одновалентних катіонів. Рухома легко-доступна для рослин сірка знаходиться у формі сульфатів одновалентних катіонів. Концентрація  $S-SO_4^{2-}$  у верхньому горизонті ґрунтів коливається від 0,5 до 20 мг/л. Для нормального росту й розвитку рослин потрібна концентрація більша, ніж 3–5 мг  $S-SO_4^{2-}$ /л ґрунтового розчину. Сульфідні сполуки сірки трапляються лише в глибоких шарах ґрунту, куди не надходить кисень. Запаси мінеральної сірки в ґрунтах різні. Вони становлять від 100 (у малогумусних підзолистих піщаних ґрунтах і жовтоземах) до 500 кг/га (у торф'яниках і чорноземах). Під дією атмосферних опадів сульфатна сірка подібно до нітратного



---

---

азоту, переміщується вниз по ґрунтовому профілю, і тому забруднює ґрунтові й природні води. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов, рослинного покриву, норм і форм внесених добрив втрати сірки внаслідок вимивання досягають 15–80 кг/га, або майже 50 % її надходження з мінеральними добривами й атмосферними опадами.

Основним джерелом надходження сірки в ґрунт є органічні та мінеральні добрива. Так, з 1 т органічних добрив (гній, компости) в ґрунт вноситься 0,5 кг сірки, з 1 т сульфату амонію – 240, сульфату калію – 180, суперфосфату – 130 кг. Незначна кількість сірки надходить у ґрунт з насінням і садивним матеріалом. Важливим джерелом збагачення ґрунту цим елементом є сірка атмосфери, куди вона потрапляє переважно у вигляді газоподібних викидів із промислових підприємств, що утворюються під час згоряння палива, виплавляння матеріалів із сірчаних руд тощо. Близько 50% сірки потрапляє в атмосферу за рахунок біологічного перетворення її сполук у ґрунті і воді, в яких провідну роль відіграють мікроорганізми. Основна частина сірки з атмосфери адсорбується ґрунтом у вигляді  $\text{SO}_2$  і незначна її кількість (5–15 кг/га, в промислових районах 25–45 кг/га за рік) надходить з атмосферними опадами. Значним джерелом сірки для рослин є сульфати в поливній воді. Інколи вміст сульфатів у поливній воді є досить значним, так що потреби у додатковому внесенні сірчаних добрив немає. Вважається, що концентрація сірки більш ніж 8–10 мг/л  $\text{S-SO}_4^{2-}$  є оптимальною для живлення рослин.

Питання внесення сірчаних добрив набуває великого значення, оскільки все частіше у різних регіонах спостерігається від’ємний, а то і різко дефіцитний баланс у ґрунті сірки. Основними причинами цього є постійне зменшення надходження сірки в ґрунт і збільшення виносу її з урожаєм сільськогосподарських культур. Скорочення надходження сірки з добривами зменшується внаслідок підвищення випуску концентрованих добрив. Так, під час виробництва азотних

добрив знижується частка сульфату амонію, виробництва фосфорних – суперфосфату гранульованого. Майже не застосовують сульфат калію, а також пестициди, до складу яких входить сірка. Використання промисловими підприємствами рідкого палива, газу, електроенергії, очищення газоподібних викидів зменшує надходження сірки в атмосферу. Тому дефіцит сірки трапляється частіше і значно серйозніший у разі високих норм внесення азотних і фосфорних добрив, зокрема на піщаних і суглинистих ґрунтах та на ґрунтах з низьким вмістом органічних речовин, а також за умови випадання дощів та при вирощуванні культур з високими потребами сірки. Для підтримання зрівноваженого балансу сірки в ґрунті потрібно щороку вносити сірчані добрива.

Джерелами надходження сірки можуть бути різні її сполуки і навіть елементарна сірка (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

**Вміст сірки в сірчаних добривах, %**

Добриво	Вміст сірки	Добриво	Вміст сірки
Сульфат магнію $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	28,6	Суперфосфат гранульований	9–13
Тіосульфат амонію	26		
Сульфат амонію	23–24	Вапняково-сірчані відходи	5
Сульфат натрію	22,6	Сланцева зола	1,6–2,9
Сульфат калію	17–18	Суперфосфат	0,9
Гіпсовмісні матеріали, зокрема гіпс	17–22	Суперфосфат подвійний	0,5
Калімагnezія	15	Гній	0,02–0,06
Сульфат магнію $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	14	Торф	0,1–0,3
Калімаг	13	Колоїдна сірка	98

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва потребує майже повсюди застосовувати сірчані добрива. Винятком можуть бути лише райони з великою кількістю промислових підприємств. Сірчані добрива слід вносити під час основного

---

---

обробітку ґрунту або перед сівбою сільськогосподарських культур, а на луках і пасовищах – поверхнево. Для більшості культур норма внесення сірки на ґрунтах легкого гранулометричного складу становить 50–60 кг/га, а на середніх і важкосуглинкових – 60–90 кг/га. Під культури, чутливі до вмісту сірки, норму її збільшують на 10–15 %. У першу чергу, сірчані добрива вносять під капусти (капуста, ріпак), бобові (соя, горох, вика), коренеплоди, картоплю, кукурудзу. У разі, коли існує ймовірність дефіциту сірки, внесення невеликої її кількості (10–20 кг/га S) буде дешевшим, ніж проведення аналізу ґрунту. Для засвоєння елементарна сірка повинна бути окислена до  $\text{SO}_4^{2-}$ . Оскільки окиснення проводять мікроорганізми, може пройти кілька місяців для переходу всієї кількості елементарної сірки в сульфат. Тому, якщо потрібно терміново внести сірку, застосовувати елементарну сірку недоцільно. Так як сірка після переходу в сульфат піддається вимиванню, сірчані добрива потрібно вносити щорічно.

На ґрунтах з низьким вмістом доступної сірки під час внесення мінеральних добрив на одну частину сірки має припадати 5–7 частин азоту. На ґрунтах, бідних на фосфор і сірку, співвідношення між ними в добриві має становити 3 : 1.

### 3.6. КОМПЛЕКСНІ ДОБРИВА

Крім односторонніх мінеральних добрив, що містять лише один основний елемент живлення (азот, фосфор або калій), тукова промисловість випускає також комплексні мінеральні добрива. Це можуть бути як одинарні солі, які містять різні елементи живлення, наприклад  $\text{KNO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , так і їх композиції із солей, що містять два (N + P, N + K, P + K) або три (N + P + K) елементи живлення. Такі композиції отримують взаємодією азотної, фосфорної і сірчаної кислот з аміаком, природними фосфатами, солями калію, амонію тощо. Що більший загальний вміст діючої речовини в добриві, то воно

---

---

цінніше. Крім того, до складу добрив можуть входити сірка, магній, мікроелементи.

Залежно від способу виготовлення комплексні добрива поділяють на три основних види: змішані, складнозмішані і складні. Промисловість випускає також рідкі (РКД) і суспендовані (СРКД) комплексні добрива.

Нині у розвинених країнах простежується тенденція до збільшення в асортименті частки комплексних добрив. Так, в Японії їх частка в загальному об'ємі виробництва добрив становить 66 %, у Фінляндії – 90, у Польщі – 75 %.

Виготовлення комплексних добрив економічно вигідніше, оскільки на практиці вносять одночасно не один елемент живлення, а два і більше, тоді як роздільне внесення кожного добрива зумовлює додаткові витрати коштів і відповідних затрат праці.

### **3.6.1. Змішані добрива**

Змішані добрива виготовляють механічним змішуванням двох або більшої кількості односторонніх або комплексних добрив. Цей захід застосовують тоді, коли потрібно одночасно внести на одне поле кілька елементів живлення, а комплексні добрива з необхідним співвідношенням елементів живлення у господарстві відсутні. При цьому скорочуються витрати на внесення добрив, а їх агрономічна ефективність прирівнюється до роздільного внесення. Змішані добрива досить легко можна виготовляти необхідних концентрації і співвідношення елементів живлення з урахуванням потреби в них різних культур за результатами агрохімічного аналізу певного ґрунту. Саме цим вони відрізняються від складних добрив, що, зазвичай, мають сталий склад.

Тукосуміші готують з різним співвідношенням елементів живлення, при чому кожний елемент може входити до складу суміші у вигляді різних компонентів, наприклад, азот у вигляді нітрату амонію, карбаміду, фосфату амонію і т. д. Залежно від

форм змішуваних добрив загальний вміст елементів живлення в тукоsumіші може змінюватися в широких межах – від 25–30 % при використанні суперфосфату гранульованого, аміачної селітри або сульфату амонію до 40 % і більше в сумішах на основі суперфосфату подвійного, карбаміду, амофосу та інших концентрованих добрив.

Застосування змішаних добрив дуже поширене. У загальному балансі виробництва мінеральних добрив у високорозвинених країнах змішані добрива становлять більше третини. У деяких країнах (Англії, США) тукоsumішей випускають 60–70 % загального виробництва добрив.

Під час змішування добрив слід дотримуватися певних правил, порушення яких може призвести до зниження їх ефективності унаслідок зволоження, злежування, сегрегації (розшарування компонентів суміші), втрат елементів живлення, перетворення на важкодоступні для рослин форми. Під час підбору компонентів потрібно враховувати можливу їх хімічну взаємодію (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

#### Допустимість змішування різних форм добрив

Добриво	Аміачна селітра	Сульфат амонію	Карбамід	Суперфосфати	Амофос, діамофос	Нітрофос, нітроамофос	Нітрофоска, нітроамофоска	Карбоамофос, карбоамофоска	Калій хлористий
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аміачна селітра	+	–	–	0	+	+	0	–	+
Сульфат амонію	–	+	–	+	+	+	0	0	+
Карбамід	–	–	+	0	+	–	–	0	+
Суперфосфати	0	+	0	+	+	–	0	0	+
Амофос, діамофос	+	+	+	+	+	+	0	0	+

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нітрофос, нітроамофос	+	+	–	+	+	+	+	0	+
Нітрофоска, нітроамофоска	0	0	–	0	0	+	+	–	0
Карбоамофос, карбоамофоска	–	0	0	0	0	–	–	+	+
Калій хлористий	+	+	+	+	+	+	0	+	+

*Примітка.* “+” – змішувати можна; “0” – змішувати можна незадовго перед внесенням у ґрунт; “–” – змішувати не можна.

Унаслідок небажаних хімічних процесів між добривами можливі втрати елементів живлення (газоподібні або внаслідок ретроградації в незасвоєвану форму) і погіршення фізичних властивостей добрив. Це явище зумовлює так званий *антагонізм добрив*. Так, не можна завчасно змішувати суперфосфат з аміачною селітрою, оскільки при цьому утворюється досить гігроскопічний нітрат кальцію. Суміш досить швидко зволожується, зокрема в умовах підвищеної вологості повітря, і перетворюється на липку тістоподібну масу. Наявна в суперфосфаті фосфорна кислота реагує з аміачною селітрою, внаслідок чого утворюється азотна кислота, що розкладається до оксидів азоту, які виділяються в атмосферу. Тому аміачну селітру з суперфосфатом можна змішувати лише у суху погоду безпосередньо перед внесенням у ґрунт.

У разі змішування суперфосфату з сульфатом амонію суміш спочатку розігрівається і зволожується, а через деякий час після утворення гіпсу відбувається цементация суміші, яку перед внесенням у ґрунт потрібно подрібнювати і просіювати.

Не рекомендують змішувати амонійні добрива з лужними, оскільки можливі втрати азоту у вигляді аміаку. Якщо компонентом змішаних добрив є карбамід, слід враховувати його високу реакційну здатність, особливо в сумішах з хлори-

---

---

дами. При цьому утворюється досить гігроскопічний хлорид амонію, що призводить до злипання і злежування суміші.

Під **синергізмом добрив** розуміють підвищену ефективність агрохімічної дії їх сумішей порівняно з сумою ефектів, отриманих від кожного зокрема. Умовно синергізмом добрив можна назвати їх здатність утворювати суміші з відповідними агрохімічними й фізичними властивостями без прояву шкідливих хімічних процесів.

Для поліпшення фізичних властивостей поширеніших сумішей добрив (аміачної селітри, суперфосфату гранульованого і калію хлористого), для нейтралізації вільного компонента суперфосфату і зниження його гігроскопічності додають 10–15 % доломітового борошна. Така суміш зберігає сипучість більше ніж 4–5 міс. Добрі фізичні властивості мають суміші з гранульованих добрив, зокрема за однакових розмірів гранул. Для виготовлення тукоsumіші з високим вмістом NPK і належними фізичними властивостями насамперед використовують карбамід або аміачну селітру, суперфосфат подвійний або амофос, калій хлористий пресований. Вологість змішуваних аміачної селітри, сульфату амонію і карбаміду не має перевищувати 3 %, калійних добрив – 2, суперфосфату – 5 %.

Цінними компонентами змішаних добрив можуть бути складні добрива. Такі суміші добре зберігають сипучість, малогігроскопічні і, що дуже важливо, забезпечують високу концентрацію елементів живлення. Виготовлення сумішей з використанням складних добрив дає велику економію під час зберігання, транспортування і внесення їх у ґрунт.

Під час завантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт, а також внесення змішаних добрив машинами відцентрового типу відбувається їх розшарування, що пов'язано з різними величиною і густиною часточок вихідних компонентів. Із двох добрив, що значно різняться за розміром часточок, не вдається отримати якісні суміші незалежно від тривалості перемішування.

---

---

Розрахунки кількості окремих добрив для виготовлення сумішей проводять за такою формулою:

$$Д = a : b,$$

де  $Д$  – доза добрив у фізичній масі, ц/га;

$a$  – доза добрив у діючій речовині, кг/га;

$b$  – вміст діючої речовини в добриві, %.

Наприклад, під буряк цукровий в основному удобренні, згідно з розрахунками, потрібно внести  $N_{90}P_{90}K_{90}$ . Щоб внести на 1 га таку кількість елементів живлення у вигляді суміші добрив, слід узяти:  $90 : 34 = 2,6$  ц аміачної селітри,  $90 : 19,5 = 4,6$  ц суперфосфату гранульованого і  $90 : 58 = 1,6$  ц калію хлористого. Загальна маса суміші добрив, яку потрібно внести на 1 га площі, становитиме  $2,6 + 4,6 + 1,6 = 8,8$  ц. Під час розрахунків потреби у складних добривах (у суміші) обчислення ведуть за тим елементом живлення, вміст якого у добриві найбільший.

### 3.6.2. Складнозмішані добрива

Складнозмішані добрива виготовляють “мокрим” способом, змішуючи порошкоподібні мінеральні добрива з аміакатами, різними кислотами та іншими азото-, фосфоро- та калієвмісними продуктами. Внаслідок механічного змішування компонентів і хімічних реакцій утворюється суміш з різними співвідношенням і вмістом елементів живлення. У процесі виробництва до складу таких добрив можуть бути введені мікроелементи, деякі пестициди, регулятори росту тощо.

На основі аміачної селітри, сульфату амонію, суперфосфату, водного розчину аміаку, сірчаної кислоти виготовляють складнозмішані добрива: добриво мінеральне  $NP$ , добриво мінеральне  $NPK$ , добриво складне азотно-фосфорно-калійне різних марок: 5–10–10, 5–10–20, 5–20–20, 8–16–16, 16–16–16, 8–24–0, 12–12–12 та ін. Під час використання різних компонентів співвідношення і вміст елементів живлення в добриві можна змінювати.



---

---

До складнозмішаних добрив належать також двокомпонентні азотно-фосфорні і фосфорно-калійні добрива, виготовлені з нітрату амонію, суперфосфату і калію хлористого пресуванням шихти цих компонентів. Вміст азоту і фосфору в цих добривах однаковий — по 20 %, або фосфору і калію – по 14 %.

Для роздрібної торгівлі випускають поживні суміші 9–9–9 з мікроелементами (на основі суперфосфату, калімагnezії, сульфату амонію і сполук мікроелементів), удобрювальну суміш різних марок із вмістом елементів живлення від 22 до 56 % (на основі суперфосфату, нітрату амонію, хлориду і сульфату калію, вапняку, доломіту та інших компонентів) та удобрювальну тукоsumіш марки 12–12–12.

В Україні широко застосовують висококонцентровані водорозчинні добрива різних торгових марок, до складу яких поряд з макроелементами входять мікроелементи, які знаходяться в хелатній формі.

### 3.6.3. Складні добрива

Комплексні складні добрива мають підвищений вміст елементів живлення. Тому перевезення, зберігання і внесення їх у ґрунт порівняно з односторонніми добривами знижують виробничі витрати на 10–15 %, дають змогу рівномірніше вносити в ґрунт елементи живлення.

Виробництво складних добрив здійснюється за єдиним технологічним процесом, що забезпечує наявність у кожній молекулі, кристалі або гранулі не менш ніж два елементи живлення. Добрива виробляють за двома групами технологічних процесів: розкладанням нітратів фосфорної сировини (нітрофоси, нітрофоски) та після використання фосфорних кислот (нітроамофоси, нітроамофоски, амофоси, діамофоси, карбоамофоси, різні фосфати амонію).

**Нітрофос** і **нітрофоска**. Нітрофос містить азот і фосфор, а нітрофоска – азот, фосфор і калій. Особливістю нітрофосів і

---

---

нітрофосок є невисокий вміст у них водорозчинного фосфору, який не перевищує 50–60 % загальної кількості. Тому для рядкового внесення і підживлення вони менш ефективні. При внесенні в основному удобренні вони майже рівноцінні сумішам еквівалентної кількості водорозчинних добрив.

**Азофос і азофоску** добувають після розкладання азотною кислотою апатитового концентрату. Випускають таких марок: 23–21–0, 26–13–0; 16–16–16; 21–11–11, в яких не менш як 85 % фосфору знаходиться у водорозчинній формі.

**Нітроамофос**  $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  – добувають у результаті нейтралізації азотної і фосфорної кислот аміаком. Випускають трьох марок: 23–23–0, 6–24–0, 25–20–0. До його складу входять нітрати та різного ступеня заміщення фосфати амонію. Переважна більшість фосфору (> 95 %) у ньому знаходиться у водорозчинній формі. Нітроамофос – цінне добриво для всіх сільськогосподарських культур і ґрунтів за будь-яких способів внесення.

**Нітроамофоска** – складне азотно-фосфорно-калійне добриво. Добувають, як і нітроамофос, але добавляють калій. Якщо джерелом калію є хлорид калію, то добувають нітроамофоску з різним співвідношенням між елементами живлення (16–16–16, 17–17–17, 10–22–18, 10–26–26, 13–19–19 та ін.). Якщо джерелом калію є сульфат калію, то добувають безхлорну нітроамофоску.

**Амофос** (МАФ, фосфат амонію)  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  добувають унаслідок нейтралізації фосфорної кислоти аміаком і отримують суміш моно-, ди- і триамонійфосфатів. У промисловому амофосі моноамонійфосфати становлять 75 %. Залежно від виду сировини амофос виробляють двох марок: з апатитової сировини – марка А із вмістом 11–13 % N і 44–52 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , з фосфоритної сировини – марка Б із вмістом 9–12 % N і 41–44 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Амофос має добрі фізико-хімічні властивості. Його використовують як один з компонентів змішаних добрив. Це високоефективне фосфорно-азотне добриво, але значна різниця у вмісті азоту та фосфору (1 : 4) є його основним недоліком. Тому

---

---

під час застосування амофосу до нього додавають певну кількість азотних добрив.

### 3.6.4. Рідкі комплексні добрива

**Рідкі комплексні добрива (РКД)** – це водні розчини або суспензії, що містять два або більше елементів живлення у відповідному розчиннику.

Розрізняють дві основні форми РКД, що виготовляють з використанням орто- та поліфосфорної (суперфосфорної) кислот. Кожну із цих форм добрив можна випускати у вигляді розчинів або суспензій. Порівняно з рідкими азотними добривами вони не мають у своєму складі вільного аміаку, тому відпадає потреба в герметичній тарі під час транспортування і зберігання, а також під час внесення в ґрунт на певну глибину. РКД рівномірніше, ніж тверді добрива, розподіляються по поверхні площі. Роботи з ними повністю механізовані. Втрати цих добрив під час перевантаження і зберігання не перевищують 1 %, тоді як втрати твердих мінеральних добрив становлять 10–15 % і більше. За потреби до складу РКД можна вводити мікроелементи, деякі пестициди та стимулятори росту. РКД неотруйні та вибухонебезпечні.

*Суспендовані рідкі комплексні добрива (СРКД).* Концентрацію елементів живлення у РКД можна значно підвищити введенням у розчин стабілізуювальних добавок (тонкодисперсних бентонітових та палигорськітових глин, кремнієвих кислот, фосфогіпсу тощо), що запобігають пересиченню розчину і випаданню осаду. Ці компоненти, введені в добриво з розрахунку 10–20 кг на 1 т розчину, забезпечують високу їх в'язкість упродовж 10 діб.

---

---

## **? Питання для самоконтролю**

1. Як класифікують комплексні добрива?
2. У чому полягають переваги комплексних добрив?
3. Які ви знаєте складні добрива? Їх характеристика і застосування.
4. Які вимоги ставлять до виготовлення змішаних добрив?
5. Що таке рідкі комплексні добрива? Їх характеристика і особливості застосування.
6. Які властивості мають складнозмішані добрива.
7. Що таке суспендовані комплексні добрива? Особливості їх виготовлення і застосування.

### **3.7. МІКРОЕЛЕМЕНТИ І МІКРОДОБРИВА**

#### **3.7.1. Значення мікроелементів для живлення рослин**

Для вирощування високих і сталих урожаїв сільсько-господарських культур поряд з макроелементами (N, P, K, Ca, Mg, S) важливими у живленні рослин є ще 14 елементів. Найбільше значення мають шість елементів – **B, Mn, Cu, Zn, Co, Mo**. У зв'язку з тим, що їх вміст у рослинах і ґрунтах досить малий (0,01–0,001 % на суху речовину), їх називають *мікроелементами*, а добрива, які їх містять, – *мікродобривами*. Більшість мікроелементів потрібні для нормального росту і розвитку рослин, оскільки вони виконують важливі фізіологічні функції. Так, мікроелементи входять до складу ферментів, вітамінів, гормонів, інших біологічно активних речовин і відіграють важливу роль у процесах синтезу білків, вуглеводів, жирів, вітамінів. За оптимального забезпечення рослин мікроелементами пришвидшується їх розвиток і досягання насіння, підвищується стійкість проти хвороб і шкідників, ослаблюється

---

---

дія зовнішніх несприятливих факторів – посухи, низьких і високих температур повітря та ґрунту.

Крім того, вони захищають рослини від бактеріальних і грибних хвороб (бактеріозу льону, пробкової плямистості яблук, гнилі сердечка буяку, сірої плямистості і пустозернистості злаків, розеткової хвороби плодових, різних хлорозних захворювань), але на відміну від пестицидів це відбувається внаслідок підвищення імунітету рослин. Упродовж усього вегетаційного періоду рослини відчують потребу в основних мікроелементах. Деякі мікроелементи не реутилізуються, тобто не переміщуються зі старіших органів у молодші.

Мікроелементи не можна замінити на інші речовини, а їх нестача обов'язково має бути компенсована. Лише тоді можна отримати якісну продукцію, яка відповідає оптимальному вмісту для певного сорту цукрів, амінокислот, вітамінів.

Рослини можуть використовувати мікроелементи лише у водорозчинній формі (рухомі форми мікроелемента), нерухомі їх форми стають придатними після перебігу складних біохімічних процесів за участю гумінових кислот ґрунту. У більшості випадків ці процеси відбуваються дуже повільно, в умовах зрошення значна частина рухомих форм мікроелементів може вимиватися. Всі мікроелементи, крім бору, входять до складу тих чи інших ферментів. Бор не входить до складу ферментів, а локалізується в субстраті й бере участь у переміщенні цукрів крізь мембрани, завдяки утворенню вуглеводно-боратного комплексу.

Нестача мікроелементів у ґрунті не призводить до загибелі рослин, але спричинює порушення обміну речовин, захворювання рослин і тварин. Основи застосування мікроелементів у сільському господарстві мають ґрунтуватися не лише на потребах у них тієї чи іншої культури, а й більшою мірою на їх вмісті у ґрунті. Встановлено, що вміст мікроелементів у ґрунті визначає їх вміст у рослинах, впливає на продуктивність і якість урожаю. Тому основою розробки заходів з виробництва і засто-

---

---

сування добрив має бути вміст рухомих форм мікроелементів у ґрунтах, їх географічна поширеність і розподіл по ґрунтовому профілю. Водночас мікроелементи як важкі метали у концентраціях, що перевищують потреби у них рослин, можуть спричинити порушення біологічних циклів, зумовити пригнічення, а іноді й загибель рослин. Особливо токсичні для живих організмів високі концентрації таких елементів, як **Pb, Cd, Co, Cu, Zn, Ni**.

Найвиразніша ознака нестачі мікроелементів у рослинах – порушення нормального росту. Насамперед це стосується B, Mn, Zn, Mo, Cu тощо.

Основним джерелом мікроелементів для рослин є ґрунт. Їх доступність визначають за наявністю рухомих форм, які для міді, цинку, молібдену і кобальту становлять 10–15 % валового вмісту, для бору – 2–4 %.

Порівняно з макроелементами вміст мікроелементів у ґрунтах невисокий. Так, середній вміст рухомого бору в ґрунтах України коливається в межах 0,1–2,0 мг/кг, молібдену – 0,03–0,60, цинку – 0,2–2,0, марганцю – 25–190 мг/кг. Тому не всі ґрунти можуть повністю задовольнити потреби рослин у мікроелементах. Основною причиною дефіциту мікроелементів є насамперед їх слабка доступність для рослин. Більшість ґрунтів Полісся добре забезпечені марганцем і задовільно міддю, але вони мало містять бору, молібдену, цинку. Ґрунти Лісостепу багаті на марганець, достатньо забезпечені міддю, задовільно молібденом, слабо бором і цинком. У ґрунтах з високим вмістом гумусу і важким гранулометричним складом вміст мікроелементів досить високий. Але і тут спостерігається їх нестача в доступній для рослин формі.

У зв'язку з інтенсифікацією землеробства потреба у застосуванні мікродобрив набуває все більшого значення, що пов'язано з різними причинами:

- 1) внаслідок видлучення з поля значної кількості продукції ґрунт поступово збіднюється на мікроелементи;

---

---

2) підвищення врожайності сільськогосподарських культур та поліпшення якості продукції супроводжується збільшенням потреб рослин у мікроелементах; крім того, внесення високих норм макродобрих часто зміщує рівновагу ґрунтового розчину, знижує засвоєваність мікроелементів;

3) збільшення використання висококонцентрованих добрив, що майже не містять мікроелементів.

Ґрунт поповнюється мікроелементами в результаті внесення органічних добрив лише частково, наприклад, 1 т сухої речовини підстилкового напівперепрілого гною містить, г: марганцю – 201, міді – 16, бору – 20, кобальту – 1, цинку – 96, молібдену – 2. Мікродобрив потребує більшість орних земель. Внесення мікродобрив у необхідних кількостях є додатковим резервом для підвищення врожайності та поліпшення якості сільськогосподарської продукції.

Мікроелементи у вигляді неорганічних солей виявляють ефективність лише на кислих ґрунтах. У ґрунтах з реакцією близькою до нейтральної їх ефективність знижується в десятки разів. У нейтральних і слаболужних ґрунтах неорганічні солі не можуть утримувати мікроелементи у водорозчинній, тобто доступній для рослин формі, і їх ефективність наближається до нуля. Це пов'язано з переходом їх у важкорозчинні форми (гідрооксиди, карбонати) і різким зниженням доступності для засвоєння рослинами.

Для рослин застосування мікроелементів ефективніше у формі комплексонатів (хелатів) металів, які мають низку переваг. Так, хелати стійкі на всіх типах ґрунтів незалежно від їх кислотності.

В Україні перші дослідження щодо застосування комплексонатів металів, як мікродобрив, були проведені в шестидесятих роках ХХ ст. Вже тоді академік П. А. Власюк виразив думку про доцільність виробництва комплексонатів металів, які дають досить міцні, але розчинні у воді сполуки мікроелементів. Учений передбачав, що застосування цих

---

---

речовин дає змогу підвищити також рухомість мікроелементів і самого ґрунту. За його виразом: комплексонати – це добрива майбутнього. Найсучасніші розробки – це полімерні халатні комплекси та сполуки на основі амінокислот. До їх складу входять антивипаровувачі (захищають мікрокраплини від випаровування до моменту проникнення їх у листок, що сприяє швидкому поглинанню і підвищенню ефективності застосування), прилипачі (ад'юванти – захищають поживні речовини від змивання опадами або поверхневим зрошенням), поверхнево активні речовини (сприяють рівномірному розподіленню робочого розчину по листовій поверхні), зволожувачі з ефектом реактивації (навіть після висушування відносна вологість повітря забезпечує реактивацію поживних речовин на поверхні рослин, що сприяє продовженню періоду їх поглинання). Ці сполуки практично не втрачають ефективності при застосуванні за дуже низьких і високих температур, крім того, високий ступінь чистоти сполук забезпечує їх більшу ефективність.

### 3.7.2. Бор

Із ґрунтового розчину рослини поглинають бор лише у формі іонів  $\text{BO}_3^{3-}$ . Достатня забезпеченість рослин бором підвищує інтенсивність фотосинтезу, поліпшує вуглеводний і білковий обмін, активує діяльність ферментів, позитивно впливає на процеси поділу клітин. Під впливом бору поліпшуються синтез і переміщення вуглеводів, зокрема цукрів, із листків до органів плодоношення і коренів. Найбільше бору міститься в капусті і шпинаті, а у фруктових – у яблуках і цитрусових. Він має важливу роль у процесах запліднення. У разі виключення бору з поживного середовища пилок рослин проростає погано або не проростає зовсім.

Сільськогосподарські культури засвоюють бор у значних кількостях – від 30 до 300 г/га. У рослинах бор зі старих органів у



---

---

молоді не переміщується, тому ознаки борного голодування у них насамперед виявляються у посвітлінні листків біля черешків, закручуванні верхніх молодих листків, відмиранні точок росту, пагонів і коренів, деформації й обпаданні квіток. Старі листки грубішають і твердішають. За нестачі бору в поживному середовищі спостерігається порушення анатомічної будови рослин, наприклад, слабкий розвиток ксилеми, роздробленість флоєми, основної паренхіми і дегенерації камбію. Коренева система розвивається слабо. Бор потрібний рослинам упродовж усієї вегетації. У різних культур борне голодування виявляється неоднаково, але можна навести низку загальних ознак, які характерні для більшості рослин. Спочатку припиняються ріст кореня і стебла, потім виявляється хлороз верхівкової точки росту, пізніше за сильного борного голодування настає повне її відмирання. Із пазух листків розвиваються бічні пагони, рослини посилено кущаться, однак нові пагони також швидко припиняють ріст і знову повторюються всі ознаки захворювання головного стебла. Особливо сильно потерпають від нестачі бору репродуктивні органи рослин. При цьому хвора рослина може зовсім не утворювати квіток, або їх утворюється дуже мало, багато пустоцвіту, зав'язь обпадає. Наприклад, у буряку молоді листки буріють, точки росту відмирають і загнивають. Цю хворобу називають гниль сердечка. У картоплі верхівки стебел відмирають або закручуються, тому її кущі здаються густими, бульби формуються дрібними, мають потріскану поверхню і буруваті в середині. Нестача бору в льону посилює розвиток бактеріозу. Люцерна, конюшина, овочеві культури та кормові коренеплоди різко знижують насінну продуктивність. Особливо чутливі до нестачі бору рослини родини Капустяних, льон, буряк, конюшина. Так, у капусти цвітної спостерігається побуріння головок або вони зовсім не розвиваються, стебло стає порожнистим, у середині коренеплід буріє і втрачає смакові якості.

---

---

Отруєння бором рослин виявляється в бронзовінні листків, часто лише країв листової пластинки. У випадку більшої концентрації бору рослина всихає. Шкідливий вплив бору можна зменшити проведенням вапнування.

Валовий вміст бору в ґрунті коливається від 2 до 200 мг/кг, з яких менш як 5 % є доступним для рослин.

Особливо реагують на борні добрива буряк, люцерна, конюшина (насінні посіви), овочеві культури, льон, соняшник, коноплі, ефіроолійні та зернові культури.

Як борні добрива можна використовувати хімічно чисті сполуки (борну кислоту  $\text{H}_3\text{BO}_3$  і буру  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), сирі боратові руди (борацити і гідроборацити), відходи хімічної промисловості, а також боровмісні односторонні та комплексні добрива. Крім того, бор міститься у місцевих добривах, наприклад, в 1 кг деревного попелу – 200–700 мг, в 1 кг сухої речовини гною і торфу – близько 40 мг. Невелика кількість бору (4–8 мг/кг) міститься в сирих калійних солях.

Бор рекомендують вносити в ґрунт під різні культури у таких нормах, кг/га: льон – 0,5; плодоягідні культури – 0,75; під насінники багаторічних трав, коренеплоди, овочеві культури – 1,0–1,5.

### 3.7.3. Марганець

Марганець у рослинах переважно активує дію різних ферментів (або входить до їх складу), що мають велике значення в окисно-відновних процесах, фотосинтезі, диханні тощо. Поряд із кальцієм він забезпечує вибіркове засвоєння іонів з навколишнього середовища, знижує транспірацію, підвищує здатність рослинних тканин утримувати воду, пришвидшує загальний розвиток рослин, позитивно впливає на їх плодоношення. Під дією марганцю посилюється синтез вітаміну С, каротину, глютаміну, підвищується вміст цукру в коренеполах буряку цукрового і в помідорі, а також вміст крохмалю в бульбах

---

---

картоплі тощо. Марганець бере участь в окисненні аміаку, відновленні нітратів. Отже, що вищий рівень азотного живлення, то важливіша роль марганцю для розвитку рослин.

Різні сільськогосподарські культури з урожаєм виносять від 100 (ячмінь) до 600 г/га (буряк цукровий) марганцю. Основна його кількість локалізується в листках, зокрема у хлоропластах. У рослинах марганець, як і залізо, малорухомий, тому ознаки його нестачі насамперед виявляються на молодих листках і подібні до хлорозу – листки вкриваються жовто-зеленими плямами з бурими і білими ділянками, гальмується їх ріст. На відміну від залізного хлорозу, в однодольних у нижній частині пластинки листків з'являються сіро-зелені або бурі плями, які часто мають темне обрамлення. Ознаки марганцевого голодування у дводольних такі самі, як і за нестачі заліза, лише зелені жилки, зазвичай, не так різко виділяються на пожовклих тканинах. Крім того, дуже швидко з'являються бурі некротичні плями. Листки відмирають навіть швидше, ніж за нестачі заліза. У тканинах рослин при цьому підвищується концентрація основних елементів, порушується оптимальне співвідношення між ними. Нестачу марганцю в ґрунті особливо гостро відчують зернові колосові, зокрема овес, а також кукурудза, зернобобові, буряк, картопля, яблуна, черешня, малина.

У плодових культур поряд з хлорозним захворюванням листків відмічається слабка облистяність дерев, раніше, ніж звичайно обпадання листків, а за сильного марганцевого голодування – засихання і відмирання верхівок гілок. Водночас за надмірного марганцевого живлення молоді листки набувають жовто-білого забарвлення, старі – стають плямистими і швидко відмирають. Коренева система рослин розвивається погано внаслідок гальмування росту клітин. Крім того, марганцева недостатність загострюється за низької температури та високої вологості, тому озимі зернові найчутливіші до його нестачі наповресні.

---

---

Незважаючи на значний вміст марганцю в ґрунтах (від 100 до 4000 мг/кг), більша його частина знаходиться у вигляді важкорозчинних сполук. Рослини засвоюють з ґрунту лише двовалентний марганець. Тому ступінь забезпеченості та рівень засвоєння марганцю рослинами тісно пов'язані з реакцією ґрунтового розчину. У нейтральних і слаболужних ґрунтах він знаходиться у малодоступних для рослин три- і чотири-валентних сполуках. Ознаки дефіциту марганцю в рослин спостерігаються насамперед на карбонатних, сильновапнованих, на деяких торф'яних та інших ґрунтах із  $pH > 6,5$ .

Кислі ґрунти багатші на вміст рухомого двовалентного марганцю, на сильнокислих – можлива навіть його токсична дія. Так, у яблуні це може виявлятися у вигляді некрозу кори, в картоплі – у крихкості стебел.

Марганцеві добрива найефективніші на чорноземах звичайних, карбонатних і виділужених та солонцюватих і каштанових ґрунтах, на кислих ґрунтах після вапнування за використання їх під овес, пшеницю, кукурудзу, соняшник, картоплю, коренеплоди, люцерну, плодоягідні та овочеві культури. Особливо ефективно застосування марганцевих добрив тоді, коли вміст рухомих сполук марганцю в ґрунті менший за 10–20 мг/кг.

Як марганцеві добрива використовують переважно відходи промисловості, сульфат марганцю та марганізовані мінеральні добрива. Значна частина марганцю повертається у ґрунт з органічними добривами. Втрати марганцю часто пов'язані з опадами, які його вимивають головним чином з кислих ґрунтів, де він знаходиться в розчинній двовалентній формі. У помірній зоні атмосферні опади вимивають упродовж року 250 г/га марганцю.

Марганець досить інтенсивно поглинається колоїдами ґрунту, тому норма його внесення не має перевищувати 2,5 кг/га. Добрі результати дає оброблення насіння буряку, кукурудзи, пшениці розчином сульфату марганцю. За дефіциту марганцю найефективніше проводити багаторазове обприскування

---

---

польових культур 0,05–0,10 %-м розчином  $\text{MnSO}_4$  із розрахунку 300–500 л/га.

#### 3.7.4. Мідь

Мідь разом із марганцем входить до складу ферментів, які відіграють важливу роль в окисно-відновних процесах. Вони поліпшують інтенсивність фотосинтезу, сприяють утворенню хлорофілу, позитивно впливають на вуглеводний та азотний обміни, підвищують стійкість рослин проти грибних і бактеріальних захворювань. Під впливом міді збільшується вміст білка в зерні, цукру – в коренеплодах, жиру – в зерні олійних культур, крохмалю – в бульбах картоплі, цукру та аскорбінової кислоти в плодах і ягодах.

Потреба рослин у міді невелика. З урожаєм сільськогосподарських культур її виноситься від 10 до 300 г/га. Найхарактерніше нестача міді виявляється в зернових культур. Так, унаслідок розкладання хлорофілу кінчики молодих листків біліють і закручуються, краї їх стають жовтими. У разі значної нестачі міді рослини починають дуже кущитися, але продуктивних стебел не утворюють. Цю хворобу іноді називають “білою чумою” злаків. Характерним за мідного голодування є в’янення рослин, гальмування їх росту, зменшення кількості генеративних органів (волоті, колосків, головок тощо), може спостерігатися вилягання. Двосім’ядольні рослини втрачають листки на верхівках стебел. Плодові культури за нестачі міді хворіють на так звану суховерхість, або екзантему, спостерігається поникнення гілок і крони. При цьому на листових пластинках сливи і абрикосу між жилками чітко виявляються ознаки хлорозу. У цитрусових спостерігається хвороба листків, збудником якої помилково вважали патогенні гриби. Обробка листків мідьвмісними фунгіцидами рятувала дерева, оскільки через листки мідь проникала в рослини.

---

---

У помідора за нестачі міді затримується ріст пагонів, слабо розвивається коренева система, виявляється темно-синьо-зелене забарвлення листків і їх закручування, квітки не утворюються.

Нестача міді часто збігається з нестачею цинку, а на піщаних ґрунтах – також із нестачею магнію. Внесення високих норм азотних добрив посилює потребу рослин у міді та сприяє загостренню ознак її нестачі. Найчутливіші до нестачі міді овес, ячмінь, пшениця, рис, яблуня, груша та цитрусові; досить чутливі – просо, соняшник, горох, буряк, картопля, овочеві культури, льон, лучні, бобові та злакові трави; менш чутливі – жито, кукурудза, гречка, капуста. За відсутності візуальних ознак дефіциту мікроелементу спостерігається істотне зниження врожаю культур. Застосування мідних добрив на ґрунтах, бідних на мідь, дає змогу підвищувати врожайність зернових культур на 2–3 ц/га. Характерною особливістю дії міді є підвищення стійкості рослин проти грибних і бактеріальних хвороб. Мідь знижує захворюваність зернових культур різними видами сажки, підвищує стійкість рослин проти бурої плямистості і т. д. Найбільша потреба рослин у міді відмічається у ранні фази росту, а до початку цвітіння її засвоєння майже завершується. Мідь може надходити до рослин не лише через коріння, але й через листки, тому при нестачі цього мікроелементу в ґрунті проводять позакореневі підживлення розчинами її солей. Мідь не підлягає процесу реутилізації.

Від надлишку міді листки між жилками набувають жовтого кольору, потім буріють і відмирають. Коренева система розвивається з утворенням великої кількості бічних корінців коричневого кольору, внаслідок чого гальмується ріст рослин. Посилює мідне голодування жарка погода. Надлишок міді в ґрунті зумовлює недостатнє живлення рослин залізом.

Валовий вміст міді в ґрунтах коливається від 1,5 до 100 мг/кг і більше. Кількість рухомої міді також знаходяться в досить широких межах – від 0,05 до 10 мг/кг ґрунту.

---

---

Рослини відчують нестачу міді, коли вміст її рухомих форм у кислих ґрунтах менший за 0,2, а в нейтральних – за 0,3 мг/кг. Так як і цинк, мідь більш рухлива за низького значення рН ґрунтового розчину, але при рН 5,5 випадає в осад у вигляді гідрооксиду. Вапнування ґрунту і високий рівень вмісту фосфатів знижує рухомість міді в зв'язку з поганою розчинністю карбонатів і фосфатів міді. На доступність міді сприятливо впливають калійні добрива. Перешкоджають засвоєнню міді високий вміст у ґрунті іонів-антагоністів: **N, P, Ca, Mo, Zn**. І навпаки, сприяє наявності рухомих сполук сірки. Засвоєння міді рослинами значно пов'язане з вологістю ґрунту. Ознаки нестачі міді насамперед виявляються на сухих ґрунтах.

Як мідні добрива використовують піритні недогарки, мідний купорос, іноді шлаки з низьким вмістом міді.

Мідні добрива діють упродовж 4–5 років, але на осушених торф'яниках їх доцільно вносити щороку. При застосуванні мідних добрив потрібно бути обережним у зв'язку з високою токсичністю міді. На ґрунтах з високим вмістом органічних речовин норми міді не мають перевищувати 2–3 кг/га, а на бідних піщаних ґрунтах – 1,5 кг/га. Піритні недогарки вносять під час зяблевого обробітку ґрунту, а мідний купорос – також навесні під час культивування. На бідних на рухому мідь ґрунтах внесення високих норм добрив, зокрема азотних, знижує продуктивність сільськогосподарських культур, посилює схильність зернових культур до вилягання. Мідні добрива бажано вносити також на луках і пасовищах.

### 3.7.5. Цинк

Цинк у рослинах активує дію ферментів, входить до складу ферментативних систем, що беруть участь у диханні, синтезі білків та ауксинів, підвищує тепло-, посухо- і холодостійкість рослин, відіграє важливу роль у регулюванні процесів росту. Винос цинку з урожаєм польових культур коливається від 50 г до

---

---

2 кг/га. Значну його кількість містить часник, цибуля, листя мавп, зате надзвичайно мало його у фруктах, моркві і капусті.

Найчутливіші до нестачі цинку плодові й цитрусові культури, виноград, кукурудза, хміль, соя, льон, помідор, сорго, бобові; менш чутливі – буряк, соняшник, конюшина, цибуля, картопля, капуста, огірок, ягідники; майже нечутливі – овес, жито, пшениця, ячмінь, морква. Особливо велике значення має цинк для розвитку рису, що пов'язано зі специфікою вирощування цієї культури.

За нестачі цинку в ґрунті сформовані листки рослин набувають жовто-зеленого забарвлення, вкриваються плямами і відмирають; молоді листки дрібні, з хвилястими краями, асиметричні; на деревах, зокрема на яблуні, груші, горіхові, погано закладаються плодові бруньки, на верхівках гілок утворюються пагони з укороченими міжвузлями та дрібними листками – так звана розетковість. Проте нестача цинку сильніше впливає на розвиток насіння, ніж на розвиток вегетативних органів. Ознаки цинкового голодування широко виявляються у різних плодових (яблуня, черешня, айва, горіх, пекан, абрикос, авокадо, лимон, виноград), особливо, у цитрусових культур. Плоди стають дрібними, спотвореними, знижується врожайність, сік набуває водянистого та “дерев'янистого” смаку. Високі норми фосфорних і азотних добрив посилюють ознаки нестачі цинку в рослин. Особливо цинкові добрива потрібні у разі внесення високих норм фосфору і вапна, за низької температури ґрунту. Сприяють засвоєнню цинку кислотність ґрунту на рівні рН 5,0 – 6,5 та оптимальний вміст іонів-синергістів – калію і молібдену. Слід також врахувати, що цинк майже не піддається процесу реутилізації.

Надлишок цинку в живленні рослин трапляється досить рідко. Ріст рослин при цьому ослаблюється, молоді пагони відмирають, листки вкриваються іржаво-бурими плямами. Високий вміст цинку в ґрунті знижує засвоюваність міді рослинами.



---

---

Рухомість цинку та його надходження в рослини залежить від кислотності ґрунту, вмісту і рухомості сполук інших елементів, інтенсивності мікробіологічних процесів. Так, рухомість сполук цинку в ґрунті підвищується зі збільшенням вмісту гумусу і кислотності, а знижується – за наявності в ґрунті розчинних фосфатів, карбонатів кальцію і лужної реакції середовища. Майже 60 % орних ґрунтів України мають низький його вміст – в середньому 2 мг/кг ґрунту, а цього недостатньо для формування високих урожаїв багатьох сільськогосподарських культур. Цинкові добрива ефективні на ґрунтах із вмістом рухомих сполук цинку менш як 3 мг/кг.

Кислі дерново-підзолисті ґрунти характеризуються досить високим вмістом цинку і майже не потребують застосування цинкових добрив. Найчастіше нестача цинку для рослин виявляється на піщаних слаболужних або близьких до нейтральних і карбонатних ґрунтах, де вміст рухомих форм цього елемента у зв'язку з осадженням його у вигляді карбонатів досить незначний.

З польових культур нестача цинку найчастіше виявляється на кукурудзі у вигляді утворення білого проростка або побіління верхівки. Показником цинкового голодування у бобових (квасоля, соя) є наявність хлорозу на листках, іноді асиметричний розвиток листкової пластинки.

Як цинкові добрива використовують сульфат цинку, цинковмісні відходи мідноплавильних заводів.

Якщо в ґрунті міститься 4–5 мг/кг цинку, рекомендують проводити лише передпосівне оброблення насіння та позакореневе підживлення. Ефективність цинкових добрив залежить також від чергування культур у сівозміні. Так, кукурудза, попередником якої був буряк цукровий, особливо чутлива до внесення цинкових добрив. Дія цинку досить ефективна при внесенні його на фоні фосфорних добрив.

Враховуючи можливість накопичення цинку в ґрунті, слід бути обережним і здійснювати суворий контроль за викорис-

---

---

танням цинкових добрив, щоб запобігти його токсичній дії та негативній взаємодії з іншими елементами живлення. Норма внесення цинку не має перевищувати 3–5 кг/га.

### 3.7.6. Молібден

Молібден є незамінним металокомпонентом багатьох ферментів. Він бере участь у вуглеводному, азотному і фосфорному обміні, синтезі вітамінів і хлорофілу, підвищує інтенсивність фотосинтезу, входить до складу ферменту нітратредуктази, за участю якого в рослинах відбувається відновлення нітратів до аміаку.

Важлива роль належить молібдену в процесах фіксації азоту з атмосфери бульбочковими і вільноіснуючими бактеріями.

Потреба рослин у молібдені значно менша, ніж у борі, цинку, міді, марганці. З середнім урожаєм зернові культури виносять до 6 г/га молібдену, бобові – до 10 г/га. Найчутливіші до нестачі цього елемента бобові культури, деякі рослини родини Капустяних (капуста цвітна і білоголова, салат, шпинат, редиска, гірчиця), цитрусові та буряк. Позитивно реагують на наявність молібдену пшениця, овес, кукурудза, льон, помідор, картопля, гречка. Під його впливом значно підвищується якість продукції, збільшується вміст білка в зерні та сіні бобових трав, вітамінів і цукрів в овочах тощо.

Зовнішні ознаки помірної нестачі молібдену в рослинах подібні до ознак азотного голодування. За значного дефіциту молібдену виявляються яскраво-жовто-зелені або блідо-оранжеві плями між жилками старих листків, переважно з верхнього боку. При цьому молоді листки скручуються в середину у вигляді ложечок, точки росту відмирають, а жилки листків залишаються світло-зеленими. Ослаблюється ріст рослин, затримується цвітіння. Так, у рослин помідора квітки виявляються майже сидячими на стеблі й передчасно опадають, у капусти цвітної суцвіття розділяється на неоднакові групи

---

---

приквітків, у гороху на коренях не утворюються бульбочки, а бактерії нездатні фіксувати азот. У багатьох рослин ознаки нестачі молібдену спостерігаються значно раніше, наприклад у капусти, редиски, гірчиці, помідора, буряку та інших культур нестача молібдену виявляється вже на сім'ядолях, а через кілька діб або тижнів і на інших органах.

Молібденові добрива насамперед потрібно застосовувати на дерново-підзолистих і лісових ґрунтах, чорноземах вилужених та опідзолених. Нестача молібдену, зазвичай, виявляється на кислих ґрунтах, які мають показник  $\text{pH} < 5,2$ . Вапнування цих ґрунтів підвищує рухомість молібдену і доступність його для рослин, знижує або повністю усуває потребу в застосуванні молібденових добрив. Молібденові добрива потрібно вносити лише на ґрунтах, де вміст рухомих форм молібдену не перевищує 0,2 мг/кг. Як молібденові добрива використовують його солі та різні відходи промисловості.

Молібдат амонію використовують для передпосівного оброблення насіння обприскуванням розчином (50–75 г молібдену для оброблення норми насіння на 1 га). Для позакореневого підживлення витрачають 100–300 г/га молібдату амонію, розчиненого в 200–400 л води. Молібденові добрива також доцільно вносити під час передпосівного обробітку ґрунту, в рядки під час сівби, а також поверхнево на посівах багаторічних бобових трав, луках і пасовищах. Норма молібденових добрив не має перевищувати 1 кг/га молібдену.

### 3.7.7. Залізо

**Залізо** – мікроелемент, який засвоюється рослинами у найбільшій кількості, тому його іноді відносять до макроелементів. Проте за фізіологічними функціями це типовий мікроелемент. Залізо має провідну роль серед усіх металів, що є в рослинах. Це доводить, що воно міститься в тканинах рослин у більших кількостях, ніж інші метали. Не

---

---

піддається процесу реутилізації, тому ефективним є листкове внесення заліза.

Залізо є функціональною складовою частиною ферментативних систем рослин. Особливо важлива його роль в окисному й енергетичному обмінах, в утворенні хлорофілу.

З урожаєм культур виноситься від 0,6 до 9 кг/га цього елемента. Надлишок заліза зумовлює відмирання листків без зміни їх темно-зеленого забарвлення. Крім того, пригнічується ріст рослин, вони утворюють мало квіток, в'януть, верхівки пагонів відмирають.

Особливо чутливі до нестачі заліза кукурудза, бобові, картопля, капуста, помідор, виноград, плодові, цитрусові та декоративні культури. За гострої нестачі заліза неминуче настає загибель рослин. У дерев і кущів зелене забарвлення верхівкових листків зникає повністю, вони стають майже білими і поступово всихають.

Характерною ознакою нестачі заліза у живленні рослин є захворювання молодих листків на хлороз. Вони набувають жовто-білого забарвлення, старі листки стають світло-зеленими. Рослини відстають у рості, квітки формуються дрібні, в окремих випадках молоді пагони відмирають. Найчастіше дефіцит заліза виявляється у кукурудзи, сорго, бобових, плодових та овочевих культур. У злакових культур хлороз проявляється у вигляді чергування жовтих і зелених смуг уздовж листків.

Валовий вміст заліза ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) у ґрунтах коливається від 1 до 11 %. Важкі за гранулометричним складом ґрунти містять його більше. Найчастіше нестача заліза для рослин спостерігається на карбонатних або перевапнованих ґрунтах. Перешкоджають засвоєнню заліза високий вміст у ґрунті іонів-антагоністів: фосфору, кальцію, міді, цинку. Сприяють – кислотність ґрунту на рівні рН менш ніж 5,5 та оптимальне співвідношення іонів-синергістів – калію і молібдену.

Як залізні добрива використовують залізний купорос і хелати заліза.

---

---

*Хелати заліза* – сполуки органічних речовин із залізом, що не поглинаються ґрунтом і легко засвоюються рослинами. У сільському господарстві застосовують комплекс заліза з діетилентриамінпентаоцтовою (Fe-ДТПО) і поліетиленполіамінполіоцтовою (Fe-ПППО) кислотами.

Аналогічні комплексонати цинку, міді, марганцю, а також кальцію і магнію та інших елементів також використовують як добрива. Лігандами в них переважно є тетраоцтова, етилендіамінди (О-гідроксифеноцтова), гідроксидендіамін тетраоцтова і пентаоцтова кислоти, солі глюконової і глюकोкептонової кислот. Добрива у вигляді хелатів вносять у ґрунт та використовують для позакореневого підживлення і вирощування овочів гідропонним способом. Вони розчинні у воді, що полегшує їх застосування, не руйнуються мікроорганізми ґрунту і тому довго зберігаються в ґрунтовому розчині. Крім того, введення комплексонатів у ґрунт дає змогу мобілізувати мікроелементи, що знаходяться в ньому в недоступних для рослин формах.

Нині найбільшого поширення у виробництві і застосуванні набули спеціальні композиції з повним набором мікроелементів для оброблення насіння і позакореневого підживлення рослин, а також для тепличних господарств, насамперед для гідропонних теплиць, де без цих композицій вирощування рослин просто неможливе.

Залісні добрива використовують переважно для позакореневого підживлення, оскільки в ґрунті мінеральні форми заліза швидко зв'язуються у малодоступні для рослин сполуки. На лужних ґрунтах хелати заліза утворюють стійкі, але розчинні та засвоювані рослинами сполуки, але широке внесення хелатів у ґрунт обмежується високою їх вартістю. Тому залісні добрива застосовують для позакореневого підживлення – 0,5–1 %-й розчин залізного купоросу або 0,15–0,5 %-й розчин залізного комплексу. Розчини виготовляють у залізних, пластмасових або скляних резервуарах. При цьому вони не повинні контактувати з мідними, цинковими чи латунними деталями. Позакореневе

---

---

підживлення рослин з ознаками хлорозу проводять 2–3 рази в ранкові або вечірні години.

### **3.7.8. Особливості застосування мікродобрив**

Застосування мікродобрив є невід’ємною складовою подальшого підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Ефективність мікроелементів помітно зростає за достатнього забезпечення рослин макроелементами, з підвищенням рівня застосування макродобрив. Так, при внесенні високих норм азоту збільшується потреба рослин у молібдені, міді, борі, кобальті. Ефективність фосфорних добрив зростає при внесенні цинку, молібдену, марганцю. Після вапнування кислих ґрунтів зменшується доступність для рослин бору, міді, марганцю, цинку, кобальту, але підвищується рухомість молібдену.

З підвищенням норм макродобрив зростає рухомість мікроелементів у ґрунтах, що призводить до вимивання їх із шару ґрунту, де розміщені корені. Тому мікродобрива потрібно застосовувати на ґрунтах не лише з достатнім, а й з помірним вмістом мікроелементів.

Найчастіше на практиці визначають вміст рухомих сполук мікроелементів у ґрунтах у витяжках амонійного буферного розчину з рН 4,8 (марганець, цинк, мідь, кобальт), оксалатно-буферного розчину з рН 3,3 (молібден), кип’ячою водою (бор). При цьому за вимогами до них виділяють три групи рослин. До 1-ої групи відносять культури невисокого виносу мікроелементів і порівняно високої засвоювальної здатності (зернові хліба, кукурудза, зернобобові, картопля). До 2-ої групи – культури підвищеного виносу мікроелементів, з високою і середньою засвоювальною здатністю: коренеплоди, овочі, трави (бобові, злакові, різнотрав’я), соняшник, сади і виноградники. До 3-ої групи – культури високого виносу мікроелементів – всі перераховані вище культури за інтенсивного вирощування (зрошення, високі

норми добрив, застосування високоінтенсивних сортів, належного догляду за ґрунтом і рослинами тощо) (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

**Групування ґрунтів за здатністю забезпечувати  
сільськогосподарські культури мікроелементами  
(Панников В.Д. та ін., 1983)**

Ступінь забезпеченості	Вміст мікроелементу, мг/кг ґрунту					
	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	B
<b>1-а група рослин (невисокий винос мікроелементів)</b>						
Низький	<5	<0,1	<1	<0,07	<0,05	<0,1
Середній	5–10	0,1–0,2	1–2	0,07–0,15	0,05–0,15	0,1–0,3
Високий	>10	>0,2	>2	>0,15	>0,15	>0,3
<b>2-а група рослин (підвищений винос мікроелементів)</b>						
Низький	<10	<0,2	<2	<0,15	<0,2	<0,3
Середній	10–20	0,2–0,5	2–5	0,15–0,30	0,2–0,3	0,3–0,5
Високий	>20	>0,5	>5	>0,30	>0,3	>0,5
<b>3-я група рослин (високий винос мікроелементів)</b>						
Низький	<20	<0,5	<5	<0,3	<0,3	<0,5
Середній	20–40	0,5–1,0	5–10	0,3–0,7	0,3–0,5	0,5–1,0
Високий	>40	>1,0	>10	>0,7	>0,5	>1,0

Норми, способи і строки застосування мікродобрив залежать від багатьох факторів: хімічних і фізичних властивостей мікродобрив, типу ґрунтів і забезпеченості їх рухомими формами макро- й мікроелементів, видів сівозмін, біологічних особливостей культур, сумісності мікродобрив з іншими засобами хімізації (макродобривами, пестицидами, регуляторами росту), рівня механізації і технології застосування інших засобів хімізації. Тому єдиного стандарту щодо застосування мікродобрив у різних ґрунтово-кліматичних умовах для різних культур бути не може.

На практиці нестачу мікроелементів для рослин за їх зовнішніми ознаками виявити досить важко. Найчастіше доводиться зустрічатися з нестачею того або іншого мікроелемента

тоді, коли зовнішні ознаки чітко не виявляються, але ріст і розвиток рослин затримується, а продуктивність їх знижується. Потребу застосування мікродобрив у певних умовах встановлюють за результатами польових дослідів. Розподіл мікродобрив під різні культури сівозміни здійснюють використовуючи агрохімічні картографи за вмістом рухомих форм мікроелементів у ґрунтах та розроблені рекомендації (табл. 3.10).

Таблиця 3.10

**Оптимальні параметри вмісту рухомих сполук мікроелементів у ґрунті (за Л.П. Головіною та ін.), мг/кг**

Група культур	Мікроелемент				
	Mn	Zn	Co	Cr	B
Культури з невисоким виносом мікроелементів (зернові колосові, кукурудза, зернобобові, картопля)	10	2	1	1,5	0,3
Культури з підвищеним виносом мікроелементів (коренеплоди, овочеві, соняшник, плодові, багаторічні трави)	20	5	3	4	0,5
Культури з високим виносом мікроелементів (високоврожайні сорти всіх культур з високими рівнем агротехніки і нормами внесення добрив)	40	10	5	7	1

Мікроелементи потрібні для рослин у малих кількостях, але вони значно впливають на їх продуктивність. Виділяють кілька біологічних груп рослин, що характеризуються підвищеною потребою в тих або інших мікроелементах. Так, зернові насамперед реагують на марганець, бобові – на молібден і кобальт, кукурудза – на цинк, соняшник – на бор і мідь, ріпак – на бор і марганець (табл. 3.11)



Таблиця 3.11

**Чутливість сільськогосподарських культур до нестачі  
мікроелементів (В. В. Лихочвор, 2008)**

Культура	Мікроелемент					
	бор	мідь	цинк	марганець	залізо	молібден
Зернові	+	+++	++	++	+	+
Кукурудза	++	++	+++	++	+	+
Буряк цукровий	+++	+	+	++	+	++
Картопля	+	++	++	++	+	++
Ріпак	+++	+	+	++	+	++
Зернобобові	+++	++	++	+	+	+++
Льон	++	++	+++	+	++	+
Гречка	++	+	++	+	+	++
Мак	+++	++	+	+	+	+

*Примітка.* Ступінь чутливості: + – низька, ++ – середня, +++ – висока.

Реакція культур на мікродобрива залежить також від типу ґрунту (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

**Оптимальний вміст рухомих сполук мікроелементів у  
ґрунті для отримання високих урожаїв зернових культур,  
мг/кг (Городній М.М., 2008)**

Мікроелемент	Ґрунти	
	дерново-підзолисті, сірі лісові	чорноземи (типові, опідзолені, вилужені, звичайні)
<b>B</b>	0,7	0,8
<b>Mo</b>	0,2	0,3
<b>Cu</b>	0,4	0,5
<b>Zn</b>	1,6	5,0
<b>Mn</b>	7,0	21,0
<b>Co</b>	0,2	0,3

Завищені норми мікродобрив призводять до негативних наслідків, а занижені не дають бажаного ефекту. Використовуючи мікроелементи як добрива, слід дотримуватися певного співвідношення між ними та враховувати, що вплив мікроелементів на рослини виявляється лише за умови повного забезпечення рослин макроелементами.

Найефективнішим засобом використання мікроелементів є введення їх до складу макродобрив. Важливою умовою застосування мікродобрив, особливо тоді, коли їх застосовують окремо, є рівномірність розміщення в ґрунті. Практичний інтерес має застосування мікроелементів разом з деякими рідкими добривами та іншими засобами хімізації.

Поряд з безпосереднім внесенням мікродобрив у ґрунт широко застосовують передпосівне оброблення ними насіння (табл. 3.13).

Таблиця 3.13

**Норми мікроелементів для передпосівного оброблення насіння, г/т (Крамарьов С.М., 2010)**

Культури	Мікроелемент					
	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>Mo</b>	<b>Co</b>
Зернові колосові	30–40	170–180	80–100	100–150	50–60	40–50
Соя	20–40	120–160	100–120	80–100	150–160	40–50
Кукурудза	20–40	120–140	50–60	150–200	140–180	70–80

Цей захід доцільно поєднувати з протруюванням насіння інсектофунгіцидами, особливо при застосуванні інкрустації.

Оскільки мікроелементи можуть засвоюватися рослинами через листки, доцільно також проводити позакореневі підживлення. Їх здійснюють 2–4 рази впродовж вегетації рослин у комбінації з іншими агротехнічними заходами.

Позакореневі підживлення добривами, в яких мікроелементи перебувають у хелатній або органо-мінеральній формі, є найперспективнішим способом ліквідації дефіциту мікро-

---

---

елементів. Внаслідок кращого засвоєння рослинами, норми їх внесення значно менші порівняно з мінеральними солями. Коефіцієнт використання елементів живлення підвищується на 90–95 %.

Мікроелементи у вигляді неорганічних солей доступні для рослин лише на кислих ґрунтах (рН до 6). У ґрунтах, близьких до нейтральних, карбонатних і лужних ґрунтах доступність мікроелементів із солей наближається до нуля. Тому мікроелементи краще використовувати в рухомій біологічно активній формі у вигляді хелатів.

Отже, диференційоване застосування мікродобрив має бути невід'ємною складовою системи удобрення.

Внесення мікродобрив у ґрунт з іншими способами застосування мікроелементів дає найвищі прирости врожаю, а також створює певний рівень кореневого живлення рослин мікроелементами впродовж вегетації. Передпосівне оброблення насіння забезпечує рослини мікроелементами на початку росту, зумовляючи певну перебудову процесів життєдіяльності зародка. Позакореневі підживлення дають змогу поліпшити живлення рослин мікроелементами у відповідні періоди їх вегетації.

Профілактичні норми біологічно активних мікроелементів, які вносять незалежно від складу ґрунту, не впливають на загальний вміст мікроелементів у ґрунті, але сприятливо впливають на стан рослин. Повністю виключається стан фізіологічної депресії рослин, що призводить до підвищення стійкості їх проти захворювань, а в кінцевому результаті – сприяє підвищенню врожаю культур і поліпшенню якості вирощуваної продукції.

З практичного погляду в межах окремого господарства потрібно визначити вміст у ґрунтах рухомих сполук мікроелементів. Це дасть змогу виявити ділянки з недостатнім вмістом певних мікроелементів і, залежно від культури, застосовувати композиції мікродобрив.

---

---

## **? Питання для самоконтролю**

1. Яке значення мають мікроелементи для живлення рослин?
2. Які культури найчутливіші до нестачі бору?
3. Назвіть вміст рухомих сполук мікроелементів в основних типах ґрунтів.
4. Під які культури і в яких нормах насамперед потрібно застосовувати мідні добрива?
5. Назвіть умови найефективнішого застосування молібденових добрив.
6. Розкажіть про особливості застосування залізних добрив.
7. Які є способи і строки застосування мікродобрив?
8. Назвіть умови, що сприяють ефективному застосуванню мікродобрив.

### **3.8. ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

Питання підвищення окупності мінеральних добрив були актуальними завжди, а на сучасному етапі розвитку сільського господарства, за різкого підвищення вартості та зменшення їх застосування, воно ще актуальніше.

Мінеральні добрива – це продукти безперервного виробництва і сезонного використання. Від початку виробництва до застосування вони деякий час (до 9 міс.) зберігаються у складських приміщеннях. Більшість мінеральних добрив розчиняється у воді. Тому при зберіганні їх під відкритим небом із них вимивається значна частина елементів живлення, погіршуються фізичні властивості, втрачається сипучість, що ускладнює їх використання. При цьому втрати добрив можуть сягати 10–15 %.

---

---

Для запобігання втратам під час перевезення незатарених добрив автомобілями їх кузови повинні мати металеву кришку або брезентовий тент. Затарені добрива в мішках або контейнерах можна перевозити бортовими машинами. Застосування контейнерів (гумокордових багаторазового використання, поліетиленових разового використання, складаних, на зразок плодкових, з поліетиленовим вкладнем) дає змогу різко знизити втрати добрив, повністю механізувати завантажувально-розвантажувальні роботи. Під час перевезення добрив із складів потрібно отримати сертифікат, в якому зазначені маса добрива та вміст елементів живлення. Відпускати добрива зі складу потрібно також лише за їх масою з відповідним оформленням документації.

У міжсезонний період мінеральні добрива зберігають у типових складах з водонепроникними покрівлею і стінами. Складські приміщення обладнують примусовою вентиляцією для підтримання відповідної вологості повітря. За її відсутності у теплу і в сонячну суху погоду вікна і двері відкривають, а в сиру – закривають.

У зв'язку з сезонністю застосування добрив і нерівномірністю надходження впродовж року виникає необхідність у їх складуванні. Типи і розміри складів визначають з урахуванням річної оборотності добрив. Розмір складу господарства залежить від перспективної потреби в мінеральних добривах і коефіцієнта їх обертання. Вони мають відповідати таким вимогам: повна ізоляція добрив від атмосферних опадів, талих і ґрунтових вод, підтримання мікроклімату, який виключає надходження повітря, механізація навантажувально-розвантажувальних робіт, наявність бетонних або асфальтованих підлог.

**Складування добрив** – це складання незатарених добрив у бурти відповідної висоти або штабелювання затарених добрив в окремих засіках, розділених між собою збірно-розбірними перегородками з урахуванням правил пожежної безпеки.

---

---

Засіки повинні мати таблички з назвою добрива, його масою, вмістом елементів живлення, датою надходження.

Схильні до злежування незатарені добрива укладають навантажувачами і конвеєрами в купи заввишки 1,5–2 м, а добрива, які не злежуються, укладають у купи заввишки до 2,5–3 м, суперфосфат гранульований – до 5 м. Щоб не допускати руйнування складу внаслідок механічного тиску добрив, висота їх насипу під стіною не має перевищувати 1,5 м.

Затарені добрива до місця штабелювання подають стрічковими конвеєрами. Мішки з аміачною селітрою і карбамідом складають вручну на дерев'яні щити хрест-навхрест до 15 ярусів у штабелі, а складні добрива і суперфосфат – до 20 ярусів. Пошкоджені й підмоклі мішки, а також добрива з підвищеною вологістю зберігають окремо.

Для зберігання рідких добрив на складах хімізації виділяють спеціальні майданчики, огорожені вогнетривкими матеріалами. На майданчиках встановлюють металічні вертикальні або горизонтальні резервуари з комплектом устаткування, що забезпечує їх герметичність. Місткість слід заповнювати не більше ніж на 95 %, щоб не допускати втрат добрив від нагрівання (переливання через край місткості).

**Технологічні схеми підготовки, транспортування і внесення мінеральних добрив.** Сипучі незатарені добрива завантажують у розкидачі або автосамоскиди безпосередньо в складських приміщеннях за допомогою мостових грейферних кранів, механічних лопат тощо. За потреби добрива подрібнюють і просіюють крізь сита.

Деякі види добрив транспортують і вносять на поля окремо. Під час перевезення на невеликі відстані (до 5 км) можна застосовувати також суміші добрив. Якщо відстань для перевезення суміші більша, то вона може розшаровуватися на компоненти. Виготовлення сумішей проводять на спеціальних установках або за допомогою автонавантажувачів-змішувачів.

---

---

Оскільки розмір часточок добрив під час внесення повинен перевищувати 5 мм, їх у разі потреби подрібнюють. Для цього використовують подрібнювачі або розтарювачі-подрібнювачі.

Залежно від потреби в добривах, забезпеченості транспортними засобами та відстані до поля вибирають відповідну технологію внесення добрив.

**Технологія внесення добрив** – це комплекс послідовних виробничих операцій, що здійснюються при застосуванні добрив.

Найчастіше використовують такі технології внесення добрив:

*безперевальна* (прямоточна) – добрива завантажують в автомобілі або тракторні причеми, якими їх транспортують до поля і вносять у ґрунт;

*перевантажувальна* – застосовують за відстані 7–15 км від складу до поля. Добрива транспортують до поля спеціальними транспортно-перевантажувальними засобами, наприклад автомобілями-самоскидами, і перевантажують їх на тракторні машини, які використовують лише для внесення добрив;

*перевальна* – застосовують, як виняток, за сприятливих погодних умов у разі масового завезення добрив у господарство. Добрива транспортують автомобілями-самоскидами до поля і вивантажують на спеціальні майданчики, звідки їх завантажують на тракторні машини і вносять у ґрунт.

Поле розбивають на заїмки, враховуючи його рельєф та напрям вітру, відбивають поворотні смуги, проводять лінію першого проходу агрегату, після чого починають вносити добрива. Основним показником якості внесення добрив є дотримання заданих доз і співвідношення між елементами живлення, рівномірність розподілу їх по всьому полю.

**Способи внесення мінеральних добрив.** Розширене відтворення родючості ґрунтів і забезпечення сільськогоспо-

---

---

дарських культур елементами живлення відповідно до їх біологічних потреб у певних ґрунтово-кліматичних умовах потребує застосування різних способів внесення добрив.

**Способи внесення добрив** – це прийоми застосування добрив під сільськогосподарські культури.

Розрізняють такі способи внесення добрив:

*основне* (допосівне, передпосівне) – внесення основної маси добрив у ґрунт до сівби або садіння;

*рядкове* (припосівне) – внесення добрив під час сівби або садіння;

*підживлення* – внесення добрив у період вегетації рослин;

*позакореневе підживлення* – підживлення рослин розчинами добрив за допомогою обприскування надземної частини рослин.

Оскільки основним способом живлення рослин є кореневе живлення, то внесення добрив у ґрунт з метою його регулювання й оптимізації має першочергове значення.

Основне внесення добрив забезпечує живлення рослин упродовж усього періоду вегетації. До сівби вносять гній та інші органічні добрива і зазвичай переважну більшість загальної норми мінеральних добрив. Основне внесення проводять восени або навесні залежно від ґрунтово-кліматичних умов, особливостей удобрення, наявності добрив та інших причин.

Основне внесення фосфорних і калійних добрив проводять переважно восени під зяблеву оранку, щоб добрива потрапили у постійно зволожений шар ґрунту, де розміщується основна маса коренів.

Під час сівби вносять легкозасвоювані форми елементів живлення, які необхідні для рослин на самому початку росту. Це переважно фосфорні добрива, потрібні рослинам, у першу чергу, на ювенільних стадіях розвитку. Під час сівби добрива завжди вносять локально, що значно підвищує їх використання. Так, коефіцієнт засвоєння фосфору з суперфосфату гранульо-



---

---

ваного зерновими підвищується до 40–60 %, а врожайність підвищується на 1,5–3 ц/га за окупності 1 кг фосфору 12–15 кг зерна.

Дози рядкового удобрення невисокі, оскільки розраховані на дію впродовж короткого терміну. Під зернові й зернобобові – це 10–20 кг/га  $P_2O_5$ , під картоплю і розсаду овочевих культур дози можуть бути збільшені до 20–30 кг/га. Для культур, які негативно реагують на високі концентрації ґрунтового розчину (кукурудза, льон, морква, цибуля, огірок та інші), дози рядкового удобрення не мають перевищувати 10 кг/га.

Незважаючи на те, що рядкове удобрення розраховане на початок росту рослин, воно важливе для всього їх життя. За сприятливих умов живлення у молодих рослин формується потужніша коренева система, рослини швидше розвиваються і легше переносять тимчасові посухи, менше пошкоджуються шкідниками і хворобами, краще конкурують з бур'янами.

Під час сівби в рядки насамперед вносять фосфорні добрива, значно менше – азотні, а калійні часто не дають ефекту (за винятком посівів калієфільних рослин) і навіть можуть знижувати врожай, зокрема дрібнонасінних культур. Рядкове внесення азоту під час сівби зернових після добре удобреного попередника, зазвичай, не дає збільшення врожаю. Позитивна дія рядкового удобрення значно слабша або не виявляється зовсім, якщо до сівби вносили високі дози добрив.

Після сівби добрива вносять, щоб підтримати рослини у період інтенсивного росту, коли вони засвоюють багато елементів живлення. Особливо ефективне ранньовесняне підживлення озимих культур. Воно є обов'язковим і високо-окупним заходом у технології їх вирощування (12–15 кг зерна на 1 кг азоту). Крім того, підживлення широко застосовують на багаторічних сіяних сінокосах і пасовищах, природних кормових угіддях, на посівах багаторічних трав, які вирощують у сівозміні.

Підживлення необхідне, якщо до сівби добрив не вносили зовсім або вносили недостатньо. За високих норм під просапні, зокрема в умовах достатнього зволоження на ґрунтах легкого

---

---

гранулометричного складу, частину їх доцільно вносити для підживлення. За середніх норм воно не ефективне. У разі неглибокого загортання в міжряддя ефективність підживлень значною мірою залежить від вологості ґрунту впродовж вегетації.

Для підживлення озимих і ярих зернових культур застосовують розчини азотних добрив (КАС, карбаміду) з метою підвищення якості зерна (насамперед білковості). Механізм поглинання листками мінеральних речовин такий самий, як і коренями. Першим етапом поглинання іонів із розчину є обмінна адсорбція – процес, який відбувається на поглинальній поверхні майже миттєво. У коренів і листків поглинання солей із розчину значною мірою залежить від показника рН середовища, концентрації розчину, тривалості контактування з поглинальною поверхнею.

Дози добрив для післяпосівного внесення визначають за результатами ґрунтової і рослинної діагностики.

Внесення мінеральних добрив упродовж вегетаційного періоду називають роздрібним. Одночасне внесення кількох норм мінеральних добрив на два і більше років називають періодичним. Проте воно не отримало широкого поширення. Періодичне внесення добрив можна проводити у посушливіших районах на ґрунтах важкого гранулометричного складу. При цьому потрібно враховувати чергування культур на полі. Для плодкових та інших багаторічних рослин періодичне внесення мінеральних добрив є скоріше правилом, ніж винятком. Його також застосовують за підпокровного вирощування багаторічних трав, під час створення культурних пасовищ, а також у господарствах, які купують багато добрив. За недостачі добрив недоцільно застосовувати їх про запас на частині площі (крім наведених випадків) та не удобрювати інші поля. Періодично (про запас) можна вносити фосфорні й калійні добрива та деякі мікроелементи.

Є різні оцінки цього способу внесення добрив. В одних випадках він має переваги перед щорічним, в інших – його

ефективність рівна або поступається останнім. На ґрунтах, де інтенсивно відбувається закріплення фосфору добрив і необмінна фіксація калію, запасне внесення добрив поступається щорічному.

Не можна вносити калійні добрива про запас на піщаних і супіщаних ґрунтах, з яких калій вимивається. Внесення високих норм калію, крім того, підвищує його вміст в урожаї (понад 3 %  $K_2O$  в сухій речовині), що шкідливо для тварин, а у разі використання хлоровмісних добрив може погіршуватися і якість рослинницької продукції.

Азотні добрива періодично не вносять унаслідок їх вимивання і газоподібних втрат.

За характером розміщення мінеральних добрив під час їх внесення розрізняють поверхневе і внутрішньогрунтове внесення (рис. 3.7).

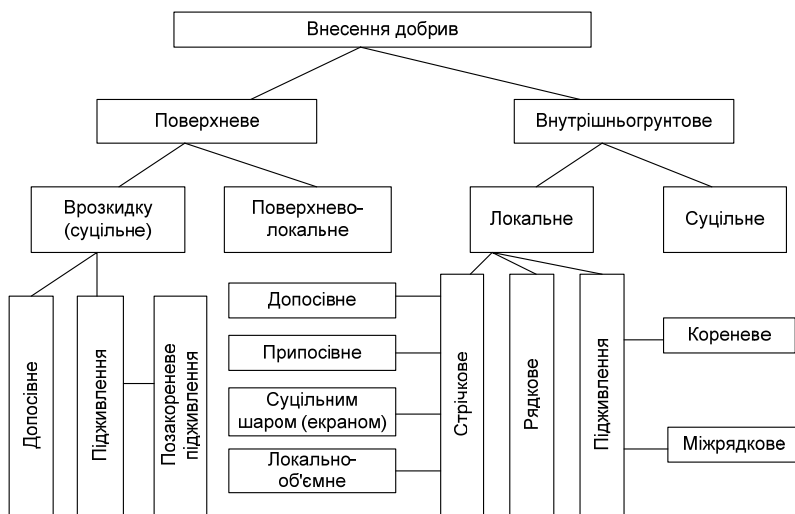


Рис. 3.7. Класифікація способів внесення мінеральних добрив

**Поверхнєве внесення** — розсіювання добрив на поверхні ґрунту з наступним загортанням їх ґрунтообробними

---

---

знаряддями або без загортання, коли добрива вносять на сіножатах, пасовищах чи посівах сільськогосподарських культур. Поверхнєве внесення добрив здійснюють розкидним (суцільним) або локальним способом.

**Розкидне (суцільне) внесення** – це суцільний розподіл добрив на поверхні ґрунту. Його проводять розкидачами добрив, сівалками та машинами для внесення рідких добрив. Добрива при цьому можуть залишатися на поверхні ґрунту або загортатися в нього ґрунтообробними знаряддями.

**Поверхнєво-локальне внесення** – це розміщення мінеральних добрив на поверхні ґрунту концентрованими осередками, переважно у вигляді стрічок різної ширини. Загортання добрив у ґрунт з максимальним збереженням стрічок проводиться під час наступного його обробітку.

**Внутрішньогрунтове внесення** – це внесення добрив з одночасним загортанням їх у ґрунт. Здійснюється переважно локальним способом або внаслідок суцільного перемішування добрив з певним об'ємом ґрунту комбінованими ґрунтообробними знаряддями.

**Локальне внутрішньогрунтове внесення** – це внесення добрив з розміщенням їх у ґрунті осередками різних форм і розмірів (суцільними або окремими стрічками і проміжками, екраном, гніздами тощо), зорієнтованих відносно рослин або поверхні ґрунту. Локальне внесення добрив дає змогу збільшити врожайність культур, ц/га: зернових – на 2–5; картоплі – на 20–50; овочевих, кормових і силосних – на 20–40; соняшнику, сої – на 2–3. Крім того, за такого способу внесення добрив зменшується забруднення довкілля. Ефективність цього способу внесення добрив значною мірою залежить від таких умов: рівня родючості ґрунтів та їх гранулометричного складу, вологозабезпеченості, біологічних особливостей культур, форм, видів і норм добрив, параметрів розміщення їх у ґрунті тощо. Проте систематичне щорічне стрічкове внесення середніх і високих норм добрив знижує результативність цього способу.

---

---

Локальне внесення добрив, порівняно з розкидним, значно підвищує ступінь використання добрив: азоту – на 10–15 %, фосфору – на 5–10, калію – на 10–12 %, що робить передумови для зниження норми їх внесення на 25–30 %.

Вибираючи строки, прийоми і способи внесення добрив, потрібно прагнути вирішити такі завдання: створити умови максимальної доступності для рослин елементів живлення, забезпечити рослини оптимальним живленням упродовж всієї вегетації, зокрема в критичні періоди, тобто у період найбільшої потреби в добривах; скоротити втрати елементів живлення від вимивання, зменшити хімічне необмінне їх поглинання і перехід у недоступні для рослин форми. Крім того, потрібно враховувати також біологічні особливості культур, особливо формування їх кореневих систем, розподіл вологи по профілю ґрунту – за надлишку вологи добрива можуть вимиватися, а за нестачі зволоження і пересихання погано використовуватися рослинами.

Технології внесення мають забезпечувати розміщення добрив у зоні розвитку кореневої системи і мінімальну фіксацію їх ґрунтом. Добрива повинні бути загорнені у стабільно зволожений шар ґрунту, що забезпечить їх добру доступність упродовж усієї вегетації. Потрібно також враховувати, що елементи живлення можуть вимиватися та переміщуватися внаслідок дифузії. Вимиваються переважно азотні добрива у формі нітратів. Вимивання добрив характерне для ранньої весни і пізньої осені. Тому важливо правильно вибрати час внесення азотних добрив з метою його наближення до періоду найінтенсивнішого засвоєння азоту рослинами.

Фосфорні добрива зберігаються у місцях внесення і, навіть, на ґрунтах легкого гранулометричного складу майже не мігрують по ґрунтовому профілю.

Калійні добрива, зазвичай, обмінно поглинаються ГВК і лише на піщаних, супіщаних і торф'яних ґрунтах калій вимивається в незначних кількостях.

---

---

На зв'язних ґрунтах за осіннього внесення закріплення фосфору і калію майже однакове. Проте на кислих ґрунтах, чим раніше будуть внесені важкорозчинні фосфорні добрива, тим більше утворюється доступних форм фосфору. При цьому суперфосфат гранульований навпаки, щоб зменшити закріплення фосфору ґрунтом, краще вносити ближче до сівби або під час неї.

У разі мілкого загортання фосфорних і калійних добрив у зв'язку з пересиханням ґрунту вони не будуть використовуватися рослинами. Це також спостерігається за рядкового підживлення рослин культиваторами, що дає менший ефект, ніж у разі загортання добрив плугом.

Отже, під час вибору технології внесення добрив потрібно враховувати ці та інші особливості поведінки добрив у ґрунті та живлення рослин.

Нині більшість машин для поверхневого внесення мінеральних добрив обладнано тарілчастими і дисковими відцентровими механізмами, які досить нерівномірно розподіляють добрива за шириною захвату агрегату. У виробничих умовах нерівномірність внесення добрив нерідко досягає 60–80 %, що знижує їх ефективність: азотних – на 45–50 %, фосфорних – на 15–20, калійних і складних – на 36–40 %. Лише за використання якісних добрив та кваліфікованого налагодження механізмів нерівномірність внесення для машин з відцентровими робочими органами становить  $\pm 25$  %, для машин точного внесення –  $\pm 15$  %. Навіть використання різних способів обробітку ґрунту не дає змоги виправити допущену нерівномірність внесення добрив і, як наслідок, забезпечити рослини елементами живлення.

Поряд з нерівномірністю внесення добрив до втрат урожаю призводить також незадовільне загортання їх у ґрунт. Особливо це стосується фосфорних добрив, оскільки фосфор у ґрунті майже не переміщується. Ці недоліки майже усуваються під час заміни розкидного способу внесення добрив локальним.

---

---

Внесення мінеральних добрив з поливною водою називають *фertiгацією*. Цей захід проводять як до сівби, так і в період вегетації рослин. Висока ефективність цього методу досягається внаслідок збільшення коефіцієнта використання елементів живлення добрив, зниження концентрації ґрунтового розчину та підтримання його на певному рівні, надходження елементів живлення в доступній формі відповідно до біологічних потреб рослин.

**Оцінка якості підготовки добрив до внесення.** У добривах вологість і гранулометричний склад мають відповідати встановленим вимогам, не мати домішок і грудочок діаметром понад 5 мм. Злежані мінеральні добрива завчасно подрібнюють. Фосфорні добрива можна подрібнювати за 30 діб до внесення, калійні – за 10, азотні – за 3 доби. Для контролю за якістю подрібнення добрив періодично відбирають 2–3 проби масою близько 1 кг з буртів подрібнених добрив і просівають крізь сито з отворами 5 мм.

За наявності у добривах часточок понад 5 мм машини для подрібнення потрібно регулювати.

Для виготовлення однорідних за хімічним складом сумішей добрив вихідні компоненти повинні мати однаковий або близький гранулометричний склад. Завантаження агрегатів різними добривами без попереднього змішування не допускається.

**Оцінка якості основного удобрення.** Контроль та оцінку якості робіт потрібно проводити під час налагодження агрегатів (періодично), виконання роботи, приймання і здавання її після закінчення за такими показниками: дотримання заданих доз і співвідношення окремих елементів живлення, рівномірність розподілу добрив по полю, глибина їх загортання.

Під час руху агрегату тракторист має дотримуватися прямолінійності (викривлення шляху виправляється під час наступного проходу), правильно керувати агрегатом на поворотах (повороти агрегату і подача його назад здійснюється лише після відключення дозувальних пристроїв та після підняття

---

---

робочих органів), дотримуватися постійної поступальної швидкості і рівномірного завантаження добрив. Суміжні проходи агрегату мають дорівнювати робочій ширині його захвату. Перекриття суміжних проходів машин має становити не більш як 5 % ширини їх захвату, або не більш як 10 см (машини для внутрішньогрунтового внесення добрив).

Під час внутрішньогрунтового внесення добрив забивання робочих органів рослинними залишками і ґрунтом не допускається. Глибину внесення добрив визначають лінійкою, відкриваючи борозни. Середню величину кількох замірів приймають за фактичну глибину внесення добрив. Відхилення від заданої величини не має перевищувати  $\pm 1,5$  см.

Якщо для внесення добрив використовують машини, в яких дозувальні апарати мають привід від вала відбору потужності двигуна трактора, агрегат має постійно працювати на тій передачі, за якої встановлювали дозу внесення добрив. Швидкість руху агрегату контролюють на відстані не менш як 50 м.

Під час роботи агрегатів контролюють відповідність заданої дози внесення добрив до фактичної. Відповідно до агротехнічних вимог вона не має перевищувати 10 %.

Після закінчення внесення мінеральних добрив на полі не має бути просівів, необроблених ділянок і поворотних смуг. Лише після усунення виявлених недоліків приймають та оцінюють якість виконаної роботи.

**Оцінка якості підживлення.** До різних способів підживлення сільськогосподарських культур встановлені відповідні вимоги. Контроль за їх дотриманням проводять за такими показниками: правильний вибір форм добрив, строків і способів їх внесення; підготовка добрив до внесення, дотримання заданих дози і рівномірності розподілу добрив.

Просапні культури слід підживлювати якомога раніше (картоплю — після появи сходів, буряк, кукурудзу і соняшник — не пізніше як після появи 4–5-го листків). Залежно від культури, ступеня розвитку рослин, гранулометричного складу ґрунту та



---

---

його вологості добрива вносять на глибину 8–14 см. Виходячи з цих умов, безпосередньо у відповідних умовах визначають глибину внесення і відстань стрічки добрив від рядка. Під час підживлення просапних культур внесення добрив кожним робочим органом не має відрізнятися від заданої дози більш ніж на 8 %.

### **? Питання для самоконтролю**

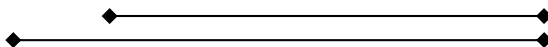
1. Які вимоги ставляться до зберігання мінеральних добрив?
2. Які особливості транспортування мінеральних добрив?
3. У чому полягає суть підготовки мінеральних добрив до внесення?
4. Назвіть основні способи внесення добрив.
5. Визначити відхилення дози внесення азотних добрив (%), якщо задана доза становить 100 кг/га д. р., а фактична – 90 кг/га д. р.

---

---

## Розділ 4

# ОРГАНІЧНІ ДОБРИВА І БАКТЕРІАЛЬНІ ПРЕПАРАТИ



**Органічні добрива** – це різного ступеня розкладання органічні сполуки рослинного, тваринного, промислового і побутового походження.

Ці добрива, зазвичай, містять багато води та різні елементи живлення, тобто ті, які були в живих організмах. Тому їх ще називають повними добривами. У зв'язку з низьким вмістом елементів живлення органічні добрива недоцільно транспортувати на значні відстані. Тому їх використовують на місці виробництва (або близько). Звідси і назва – місцеві добрива.

Застосування місцевих органічних добрив – основний засіб впливу людини на колообіг елементів живлення в землеробстві. Він дає змогу не лише підтримувати, а й збільшувати ємність цього колообігу.

Деякі органічні добрива (гній, курячий послід, фекалії та ін.) дають змогу повторно використовувати значну частину елементів живлення, які вже були використані, з ґрунту і добрив. Отже, чим повніше на місцях використовують усі резерви органічних добрив, тим менше потрібно буде застосовувати мінеральних добрив.

---

---

Інші види органічних добрив тобто тих, які безпосередньо не виробляються в господарстві (торф, сапропелі, комунально-побутові відходи міст та ін.), є додатковим джерелом надходження елементів живлення в ґрунт.

Крім елементів живлення, органічні добрива – джерело надходження вуглекислого газу, який сприяє поліпшенню повітряного і кореневого живлення рослин. Вони також є енергетичним матеріалом для ґрунтових мікроорганізмів. Більшість органічних добрив самі багаті на мікрофлору. Вважають, що застосування їх в оптимальних нормах на 20–30 % підвищує ефективність від внесення мінеральних добрив, згладжує післядію несприятливих погодних умов. “Яким би не було великим виробництво мінеральних добрив у країні, гній ніколи не втратить свого значення як одне з основних добрив у сільському господарстві”, – писав Д.М.Прянишников.

На ґрунтах, зайнятих зерновими культурами, щороку мінералізується близько 0,8 т/га гумусу, просапними культурами – від 1,2 до 1,5 т/га залежно від типу ґрунту, вмісту в них гумусу та інших умов. На суглинкових ґрунтах за рахунок рослинних залишків відновлюється близько 50 % гумусу, а на супіщаних – близько 40 %. Решту гумусу має бути поповнено за рахунок органічних добрив. Прийнято, що на утворення одиниці доступного для рослин азоту мінералізується 20 одиниць гумусу.

Різке зменшення кількості застосування органічних добрив в Україні створює значний дефіцитний баланс гумусу в орних ґрунтах. За цих умов виникає потреба розширювати площі під посівами багаторічних бобових трав і бобово-злакових травосумішей, що сприятиме “оживленню” ґрунтів. Крім того, потрібно скорочувати площі просапних культур у структурі посівів.

Досить важливою проблемою деяких органічних добрив, які регулярно продукуються, є необхідність їх постійної утилізації. Особливо це стосується великих тваринницьких комплексів, де виробляються значні обсяги рідкого і напіврідкого гною.

---

---

Співвідношення у цих добривах вуглецю і азоту становить 1 : 7, що несприятливо впливає на накопичення гумусу в ґрунті. Тому їх внесення має поєднуватися з внесенням добрив з високим вмістом вуглецю – соломи, тирси, торфу, лігніну та ін.

#### 4.1. ПІДСТИЛКОВИЙ ГНІЙ

**Підстилковий гній** – це суміш твердих і рідких виділень різних тварин разом з підстилкою.

Його склад залежить від кількості і співвідношення цих складових, а вони неоднакові для різних видів (і віку) тварин і залежать від якості та кількості кормів.

У великої рогатої худоби, коней та овець твердих виділень більше, а у свиней менше, ніж рідких. За складом і удобрювальною цінністю ці виділення також нерівноцінні: понад 90 % усього фосфору міститься у твердих, а 50–75 % азоту і 80–90 % калію – у рідких виділеннях. Що більше в раціоні концентрованих кормів, засвоєння яких значно вище, ніж грубих кормів, то менше у виділеннях сухої речовини, але більше азоту і фосфору.

Азот, фосфор і сірка твердих виділень усіх тварин входять до складу різних органічних сполук і можуть бути доступними для рослин лише після мінералізації.

У рідких виділеннях усі елементи живлення знаходяться в легко мінералізованих або легкорозчинних формах і завдяки мікробіологічним перетворенням дуже швидко стають доступними для рослин. У твердих і рідких виділеннях у найбільш рухомих, отже, і доступних для рослин формах, знаходяться калій та кальцій і меншою мірою магній.

Свіжі виділення тварин як добриво не використовують, оскільки вони можуть містити багато насіння бур'янів, хвороботворних бактерій тварин і людини, забруднювати довкілля.

---

---

За ступенем розкладання підстилковий гній умовно поділяють на:

**свіжий слабкорозкладений** – це залишки кормів і підстилка, які майже не змінили колір і міцність;

**напівперепрілий** – це залишки кормів і підстилка, що набули темно-коричневого забарвлення, втратили міцність і легко розриваються; маса гною порівняно з вихідною зменшилася на 10–30 %;

**перепрілий** – це однорідна темно-коричнева маслоподібна маса, складові якої майже не розрізняються; на цій стадії втрачаються половина вихідної маси й органічних речовин;

**перегній** – це однорідна чорна сипуча маса; його вихід становить до 25 % свіжого гною.

Найбільшу удобрювальну цінність має напівперепрілий гній. Доведення його до перепрілого стану і перегною зменшує в 2–3 рази вміст органічних речовин, значно змінюється хімічний склад: унаслідок амоніфікації азотистих сполук відбуваються значні втрати азоту.

Для підстилки використовують солому зернових і зернобобових культур, торф, тирсу та інші матеріали. Залежно від виду і кількості підстилки вона збільшує вихід гною і впливає на його хімічний склад і втрати елементів живлення з нього. Підстилка поглинає рідкі виділення тварин та аміак, що знижує втрати азоту, калію й інших розчинних у воді елементів і газів.

Підстилка зменшує вологість гною. Він стає пухкішим, що пришвидшує мікробіологічне розкладання, полегшує його навантаження, зберігання, транспортування і внесення. Вона має велике санітарно-гігієнічне значення, створюючи м'яке тепле і сухе ложе для тварин. Тому досить важливою якістю підстилки є здатність поглинати рідини і гази.

Для поліпшення поглинальної здатності соломи її потрібно застосовувати у вигляді різки розміром 8–10 см. Гній на такій підстилці щільніше укладається в штабель і під час зберігання втрачає менше азоту та краще загортається в ґрунт.

Верховий торф, порівняно із соломою, має велику вологоємність: якщо одна масова частка соломи поглинає 3-и частини води, то торф – 10–15 частин, тирса – 4–4,5 частин.

Середньодобова кількість різних видів підстилкового матеріалів на одну голову худоби змінюється залежно від виду тварин, кількості та якості згодовуваних кормів і матеріально-технічних можливостей господарства (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

**Середньодобова кількість підстилки, кг,  
на одну голову худоби**

Вид тварин	Солома зернових	Торф		Тирса
		верховий	перехідний, низинний	
Велика рогата худоба:				
доросла	4–6	3–4	10–20	3–6
телята	2–3	1,5–2	5–10	2–3
Свині	1–3	0,5–2	2–3	2–3
Вівці, кози	0,5–1	–	–	–
Коні	3–5	2–3	8–10	2–4

**Вихід гною** залежить від кількості підстилки, виду тварин і тривалості їх стійлового періоду. Його можна розрахувати кількома способами. Наприклад, при використанні на одну голову ВРХ за добу 2 кг соломи за стійловий період (200 діб) накопичується близько 7 т гною, а при використанні низинного торфу – 20 кг за добу вихід гною становить 12 т. Свині продукують за рік 1–1,5 т гною на одну голову, коні – 7 т, вівці – 0,5 т на одну голову.

Якщо виходити з того, що суха речовина корму засвоюється тваринами лише на 50 %, а інша половина її перетворюється на гній і підстилка поглинає рідкі виділення у відповідності 1 : 4, то вихід гною (Н) можна розрахувати за формулою:

$$H = 4 (K : 2 + \Pi),$$

де К – суха речовина корму;

---

---

П – маса підстилки.

Вихід гною також розраховують за формулою:  $H = 2 (K + П)$ . Наприклад, у Франції кількість гною визначають множенням маси всього стада худоби на коефіцієнт 25.

Для розрахунку виходу виділень для всього поголів'я худоби в господарстві його переводять в умовні голови за такими коефіцієнтами: корови й коні – 1,0; телята – 0,6; свині – 0,3; вівці й кози – 0,1; птиця – 0,02. Вихід твердих і рідких виділень від однієї умовної голови худоби становить 40 кг за добу. Як річний норматив виходу рідких і твердих виділень з урахуванням 15 % втрат під час зберігання прийнято 9,5 т на умовну голову. До цієї кількості виділень для всіх тварин, що є у господарстві, додають масу підстилкових матеріалів і отримують загальний вихід органічних добрив за рік.

Під час розрахунку маси гною, що зберігається в гноєсховищах або штабелях, потрібно враховувати його об'ємну масу, т/м<sup>3</sup>: свіжого – 0,4, ущільненого – 0,7, напівперепрілого – 0,8, перепрілого – 0,9.

Залежно від способів накопичення і зберігання та до внесення гною в ґрунт процеси розкладання його органічних речовин і втрати азоту можуть дуже відрізнитися. Використовують три способи зберігання гною: гарячий (пухкий), холодний (щільний) і гаряче-холодний (пухко-щільний). За *гарячого способу зберігання* гній складають у вузькі, не ширше ніж 3 м, штабелі без ущільнення, де він досить швидко розігрівається до температури 60–70°C. При цьому відбуваються великі втрати (20–30 %) азоту й органічних речовин. Гній має погану якість, що зумовлено нерівномірністю його розкладання: в одних місцях, зазвичай у середині штабеля, він дуже розігрівається, в інших (по краях) – пересихає і погано розкладається. За такого способу зберігання відбуваються значні втрати гноївки.

За *холодного способу зберігання* видалений з тваринницьких приміщень гній складають у штабелі завширшки 5 м і заввишки 1,5–2 м і відразу ущільнюють. Зверху його накривають

---

---

шаром 10–15 см торфу, різаної соломи або ґрунту. В ущільненому штабелі температура взимку не піднімається вище 25°C, а влітку – 30–35°C. Мікробіологічні процеси уповільнюються, тому втрати органічних речовин і азоту мінімальні. Напівперепрілий гній взимку утворюється через 3–4 міс., перепрілий – через 7–8 міс. після закладання штабелю. За *гаряче-холодного способу зберігання* гній спочаткукладають шарами 80–100 см, а після підвищення температури в шарі до 55–60°C його ущільнюють. При цьому температура знижується до 30–35°C, що відповідає холодному зберіганню. За такого способу зберігання напівперепрілий гній утворюється через 1,5–2 міс., а перепрілий – через 4–5 міс.

Найкращий гній отримують при утриманні худоби на *глибокій підстилці*. На початку стійлового періоду в приміщенні шаром 20–30 см розсипають торф вологістю не більше як 50 % із розрахунку 300 кг на одну корову. Потім на шар торфу кладуть шар соломи. Через кожні 10 діб насипають новий шар торфу або солом'яної різки.

У групових секціях з глибокою незмінною підстилкою застосовують соломую злакових культур. Підстилку замінюють 1–2 рази на рік за кожної заміни поголів'я худоби. Спочатку настеляють шар 20–30 см. Через кожні 3–7 діб кладуть свіжу соломую шаром 10 см. Цю технологію застосовують на фермах з виробництва молока з безприв'язним утриманням корів, під час вирощування ремонтних теплиць і нетелів за групового утримання молодняку.

Гній заготовляють також на вигульних майданчиках і у польових загонах, де як підстилку використовують соломую і торф. Забирають його один – два рази на рік і вивозять у поле, складаючи в ущільнені штабелі. Такий гній досить високої якості. Він майже не втрачає аміаку.

Гноєсховища (котлованного або наземного типу) будують не ближче ніж 50 м від тваринницького двору і 200 м від житлових приміщень. Дно гноєсховища має бути водонепроникним і



---

---

мати нахил у бік збірника гноївки. Збірник гноївки будують із розрахунку 1,3 м<sup>3</sup> на кожні 100 т гною.

Для вивезення гною на поле взимку під штабель готують майданчик – очищають його від снігу і застеляють шаром 20 см торфу або солом'яної різки. Штабель формують заввишки 1,5–2 м і завширшки 4–5 м, укривають шаром торфу або солом'яної різки (до 25 см). Штабелі розміщують по полю так, щоб при внесенні гною було якнайменше холостих проїздів гноєрозкидачів.

Гній є одним із джерел забур'янення полів. У середньому в 1 кг свіжого гною міститься від 50 тис. до 5 млн насінин бур'янів, значна частина яких життєздатна.

Насіння бур'янів потрапляє в гній кількома шляхами: разом з кормами, проходячи через травний канал коней, 10–12 % насіння зберігає схожість, корів – 24–27, свиней – 7–8 %; найбільш життєздатне насіння щавлю малого, лободи, ромашки та ін.; із підстилкою; внаслідок потрапляння насіння рослин, що ростуть на буртах, за тривалого зберігання гною.

За неправильного зберігання гною в буртах бур'яни дружно проростають, що зумовлює сильне вторинне забур'янення органічних добрив. Так, кількість життєздатних насінин за літній період може збільшуватися у 10–50 разів.

**Застосування підстилкового гною** розпочинають із розподілу наявної його кількості в господарстві між сівозмінами і поза ними в такому порядку: овочеві, прифермські кормові, польові.

Овочеві культури найвибагливіші до родючості ґрунту, але реакція їх на органічні добрива неоднакова. Найкраще на них реагують сланкі культури (огірок, кабачок, гарбуз, кавун, диня і т. д.), а також цибуля, часник, капуста білоголова і цвітня, зелені культури, редиска.

Гній вносять під кормові культури на полях поблизу ферм, що знижує транспортні витрати. Найчутливіші з них –

---

---

кукурудза, однорічні, особливо багаторічні трави, кормові коренеплоди.

У польових сівозмінах гній вносять під кукурудзу на зерно, буряк цукровий, картоплю, озимі зернові. Широко практикують його внесення в чистих і зайнятих парах.

Норми гною залежать від ґрунтово-кліматичних умов, його кількості і якості, способів внесення, біологічних особливостей сільськогосподарських культур, економічної доцільності та екологічної безпечності. На Поліссі під просапні культури вносять 30–60 т/га, зокрема під буряк цукровий – 40–50, картоплю – 50–60, кукурудзу – 30–40, під зернові – 20–30 т/га; в Лісостепу під просапні культури вносять 40–50 т/га, в районах недостатнього зволоження – 20–35, під зернові – 20–25, на еродованих ґрунтах – 40–60 т/га; в Степу на богарних землях під зернові колосові вносять 20–25 т/га, під просапні – 30–40, на зрошуваних землях під просапні – 60–80 т/га.

Підстилковий гній вносять на поля гноєрозкидачами і в той же день загортають у ґрунт, оскільки не заораний упродовж доби гній втрачає до 50 % аміачного азоту. Глибина загортання гною в ґрунт залежно від ґрунтово-кліматичних умов і ступеня його розкладання коливається від 15 до 30 см. За мілкого загортання у вологому ґрунті розкладання його пришвидшується, за глибокого – уповільнюється. За нестачі вологи (в засушливих умовах) мілке загортання затримує розкладання гною і ще більше висушує ґрунт. На ґрунтах легкого гранулометричного складу гній потрібно загортати глибше.

У разі локалізації основного внесення гною (у борозни, в рядки) мінімальні норми його зменшують у 2-а рази, а за локального внесення під час садіння (в ямки) – в 4-и рази.

Локалізація та зменшення норм внесення за будь-якого способу застосування гною значно підвищує оплату його одиниці приростом урожаю першою культурою. Залежно від норми і ґрунтово-кліматичної зони 1 т гною окуплюється такими приростами врожаю, ц: картоплі – 1,3–2,2, буряку

---

---

цукрового – 1,9–3,8, зернових колосових – 0,13–0,29, кукурудзи – 0,2–0,3; при внесенні гною з мінеральними добривами прирости врожаю відповідно становлять, ц: 0,27–2,0, 1,1–3,0 і 0,14–0,22. Зазвичай, 1 т гною, внесеного у сівозмінах Полісся, забезпечує приріст урожаю 1,2 ц, в Лісостепу – 0,8, у Степу – 0,6 ц у перерахунку на зерно.

Із внесеного у ґрунт гною в перший рік рослини використовують 20–30 % азоту, 30–40 – фосфору і 60–70 % калію загального їх вмісту. Отже, порівняно з мінеральними добривами азот у перший рік засвоюється гірше, фосфор – майже вдвічі краще, а калій майже однаково як і з мінеральних добрив. Тому гній насамперед потрібно доповнювати мінеральними азотними добривами. Це підтверджується і відповідними розрахунками. Наприклад, якщо напівперепрілий солом'яний гній містить 0,5 % азоту, 0,25 –  $P_2O_5$  і 0,6 %  $K_2O$ , то при його внесенні 30 т/га в ґрунт надходить відповідно 150 кг азоту, 75 кг  $P_2O_5$  і 180 кг  $K_2O$ . У перший рік культури засвоюють відповідно: азоту (30 %) 45 кг/га,  $P_2O_5$  (35 %) 26,3 кг/га і  $K_2O$  (60 %) 108 кг/га за співвідношення  $N : P_2O_5 : K_2O$ , що дорівнює 1,7 : 1,0 : 4,1.

Більшість сільськогосподарських культур найбільше засвоює азоту, потім калію і менше фосфору у таких ( $N : P_2O_5 : K_2O$ ) співвідношеннях: зернові колосові – 2,8 : 1 : 1,9, трави – 3,5 : 1 : 3,0, зернобобові – 5 : 1 : 2. Калієфільні культури засвоюють більше калію: картопля 3 : 1 : 4, коренеплоди 3–4 : 1 : 4–6, соняшник 2 : 1 : 6–7 і т. д. Отже, всі культури, за винятком соняшника, при удобренні гноєм потребують додаткового внесення азоту мінеральних добрив. На другий і в наступні роки елементи живлення з гною продовжують використовуватися культурами сівозміни. Використання азоту, фосфору і калію іншою культурою на другий рік відповідно становлять 15–20, 10–15, 10–15 %, на третій рік – 10–15, 15–10, 0–10 %.

Тривалість післядії гною залежить від ґрунтово-кліматичних умов, зокрема від гранулометричного складу ґрунту. На піщаних і супіщаних ґрунтах сумарна його дія триває

---

---

3–4-и роки, на легко- і середньосуглинкових – 6–8, на важко-суглинкових і глинистих – 10–12, іноді 16 років. За дією на продуктивність культур гній не поступається мінеральним добривам, внесеним у нормах в еквівалентних кількостях, а на легких, бідних на органічні речовини ґрунтах навіть переважає їх.

Найвищий ефект спостерігається за сумісного внесення гною (органічних добрив) і мінеральних добрив, тобто у разі доповнення недостатньої кількості елементів живлення гною елементами живлення мінеральних добрив. Проте на практиці гній вносять лише під одну – дві культури сівозміни, а під інші культури, з урахуванням післядії гною, вносять лише мінеральні добрива.

Внесення органічних добрив має сприяти підтриманню бездефіцитного балансу в ґрунті органічних речовин. Вважають, що для цього щороку потрібно їх вносити (в перерахунку на напівперепрілий солом'яний гній) на *Поліссі* 14–18 т, у *Лісостепу* – 11–13, у *Степу* – 9–10 т на 1 га площі сівозміни.

У середньому 1 т внесенного гною забезпечує утворення такої кількості гумусу в ґрунті, кг: на Поліссі – 42, в Лісостепу – 54, в Степу – 59.

Під час зберігання із гною стікає *гноївка* – цінне швидкодіюче добриво. Гноївка, яка збирається у гноївкозбірниках біля тваринницьких приміщень, містить 0,1 % азоту, 0,03 –  $P_2O_5$ , 0,28 %  $K_2O$ , тоді як гноївка, яка збирається у гноєсховищах, містить 0,26 % азоту, 0,06 –  $P_2O_5$  і 0,58 %  $K_2O$ . Отже, гноївка – це азотно-калійне добриво.

Для зниження втрат азоту в гноївку добавляють відпрацьоване моторне мастило із розрахунку 3–4 л на 1 м<sup>2</sup> поверхні. Із свіжого гною виділяється 10–15 % гноївки, а за гарячого способу зберігання – ще більше.

Гноївку найкраще використовувати для виготовлення компостів. Без компостування норма її внесення становить 10–20 т/га. Підживлення просапних культур нормою 5–7 т/га для

---

---

першого підживлення і 8–12 т/га – для другого проводять на глибину 8–12 см. Для підживлення озимих, пасовищ і сінокосів гноївку (3–5 т/га) у 2–3 рази розводять водою. Проте якщо вміст у ній азоту менш як 0,2 %, розведення не потрібне. Вважають, що 1 т гноївки підвищує врожайність культур на 1 ц (у перерахунку на зерно).

## 4.2. БЕЗПІДСТИЛКОВИЙ ГНІЙ

Ведення тваринництва на промисловій основі не передбачає застосування підстилки.

**Безпідстилковий гній** – це суміш рідких і твердих виділень тварин з домішками кормів і води.

Залежно від кількості води, що зумовлено технологією його виділення, безпідстилковий гній поділяють на напіврідкий (містить більш ніж 8 % сухої речовини), рідкий (3–8 %) та гнойові стоки (лише 3 % сухої речовини).

Для розрахунку кількості отриманих органічних добрив застосовують коефіцієнт для перерахунку на умовний гній із вмістом 25 % сухої речовини і 75 % води. Коефіцієнт для перерахунку (**К**) розраховують за такою формулою:

$$K = (100 - V_{\text{факт}}) : (100 - V_{\text{умов}}),$$

де **V<sub>факт</sub>** – фактична вологість, %;

**V<sub>умов</sub>** – умовна вологість (75 %). Якщо, наприклад, вологість гною 90 %, то  $K = (100 - 90) : (100 - 75) = 10 : 25 = 0,4$ .

Якщо вологість безпідстилкового гною не визначають, то можна використати такі коефіцієнти для перерахунку в умовний гній: гнойові стоки – 0,06; рідкий безпідстилковий гній – 0,2; напіврідкий – 0,5; підстилковий гній і різні компости – 1.

Приблизний вихід безпідстилкового гною на добу від однієї голови великої рогатої худоби (ВРХ) становить 40–55 л

---

---

(25–35 л калу, 10–15 л сечі та 5–10 л води), від однієї свині – 10–12 л. Потрібно також враховувати, що 1 м<sup>3</sup> рідкого гною важить близько 0,95 т, напіврідкого – 0,9 т. Такий гній досить текучий, він легко рухається по трубопроводах самопливом і його можна перекачувати за допомогою насосів, що значно спрощує очищення тваринницьких приміщень та створює умови для повної механізації його внесення в ґрунт.

Кількість і якість рідкого безпідстилкового гною залежить від виду і віку тварин, типу годівлі, тривалості періоду відгодівлі або стійлового утримання, кількості води, що витрачається на прибирання гною з приміщень, технології зберігання. Так, збільшення кількості води призводить до зростання об'єму гною. Наприклад, під час збільшення вологості лише на 2 % (з 90 до 92 %) його об'єм збільшується на 25 %. У середньому рідкий гній усіх видів тварин містить 0,3 % азоту, 0,13 –  $P_2O_5$  і 0,3 %  $K_2O$ . Після розшарування гною в рідку фракцію переходить 80 % азоту, 70 – фосфору і 90 % калію.

Місткість гноєсховища розраховують з урахуванням виходу гною і тривалості періоду зберігання, коли його не вносять (відсутність вільних полів або коли вони вкриті снігом, бездоріжжя тощо). Це, зазвичай, триває 2–6 міс. Виходячи з цього, гноєсховища розраховують на зберігання рідкого гною впродовж 10 міс.

Останнім часом досить широко застосовують різні способи оброблення безпідстилкового гною під час зберігання.

**Анаеробне оброблення** – за допомогою метанових бактерій проводять зброджування гною за температури 30–58°C. Це ефективний спосіб його знезараження, дегельмінтизації і дезодорації, а отриманий при цьому метан можна використувати на виробництві та у побуті. За удобрювальною цінністю такий гній майже не різниться від вихідного.

**Термічне оброблення** – знезараження гною, яке ґрунтується на зсіданні білків за температури понад 56°C. Прогрівання його впродовж доби за температури 56°C майже не зумовлює

---

---

втрат азоту, тоді як його втрати під час висушування за температури 105°C до сталої маси досягають 50–75 %.

**Оброблення формаліном** – у гній додають 1–5 л формаліну із розрахунку на 1 т. Це затримує мікробіологічні процеси, усуває неприємний запах, зменшує втрати азоту (формалін з аміаком утворює уротропін – повільнодіюче азотне добриво).

Найпростішим способом накриття є природна кірка на поверхні гною, яка утворюється з гною великої рогатої худоби завдяки грубим, волокнистим складовим корму. Залежно від товщини вона може зменшити випаровування аміаку до 70 %. Ще одним простим способом накриття гноєсховищ є солом'яна різка. На 1 м<sup>2</sup> поверхні потрібно 5–7 кг соломи, що забезпечує товщину шару покриття 15–25 см. Для подрібнення соломи і вистилання нею гною застосовують кормозбиральний комбайн. З часом солома перегниває і після перемішування з гноєм вноситься на поля. Вкриття гною запобігає також утворенню дурманного газу – закису азоту N<sub>2</sub>O.

Для накриття гноєсховища використовують різні грануляти, якими вкривають поверхню гною, змішуючи з кіркою. Після досягнення товщини шару 15 см вони забезпечують необхідне зменшення випарів. Під час перемішування, завдяки незначній питомій масі, гранулят знову спливає на поверхню. Кожного року разом з гноєм на поля вноситься 5–10 % гранулятів, тому цей матеріал потрібно регулярно поповнювати.

Для накриття гноєсховищ використовують плавучі елементи – шестикутні плитки діаметром 25 см. Вони щільно прилягають одна до одної і таким чином вкривають поверхню гною у сховищі на 98 %, зменшуючи звітнення газів до 90 %. Плавучі елементи можна застосовувати лише на рідкому гною, який не має природної кірки.

**Геомембрана** – гідроізоляційна поліетиленова плівка з поплавками, яка плаває на поверхні гною.

Щоб плівку не зірвало вітром, її кріплять до боків сховища так, щоб вона могла змінювати висоту у міру наповнення сховища. Однак при цьому виникає проблема з переміщенням гною.

Найефективнішим, але й найдорожчим, способом затримання випарів є дах над гноесховищем. При цьому передбачають вентиляційні отвори, які зменшують надмірний тиск та небезпеку спалаху й вибуху та проводять антикорозійні заходи.

Норми внесення рідкого гною під сільськогосподарські культури визначають за вмістом азоту (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

**Норми внесення рідкого гною**

Культура	Норма азоту, кг/га	Норма гною, т/га	
		ВРХ	свиней
Озимі	100	40	25
Кукурудза, коренеплоди, картопля	200	80	50
Однорічні трави	120	45	30
Сінокоси і пасовища	200	80	50

Максимальні норми органічного азоту залежать від гранулометричного складу ґрунтів: важко- і середньосуглинкових – 250 кг/га, легкосуглинкових – 230, супіщаних і піщаних – 200 кг/га.

Безпідстилковий гній вносять як для основного удобрення, так і для підживлення. На важких за гранулометричним складом ґрунтах його можна вносити впродовж року, а на легких, з метою запобігання втрат азоту, – лише влітку під озимі та навесні під ярі культури. За поверхневого внесення його негайно потрібно загортати в ґрунт.

На луках і пасовищах рідкий гній вносять улітку із дощувальних установок відразу після випасання худоби або скошування трави, з тим, щоб до чергового використання



---

---

пройшло не менш як 3-и міс. Для поліпшення якості корму отаву можна полити чистою водою.

Найбільш екологічно безпечним і найефективнішим є внесення рідкого гною в ґрунт під час міжрядного обробітку посівів.

У рік внесення безпідстилковий гній ефективніший, ніж підстилковий. Це пояснюють у 2-а рази вищою доступністю азоту та на 10 % і більше – фосфору і калію. Тому його ефективність значно підвищує сумісне застосування з фосфорними і калійними добривами. У наступні роки дія безпідстилкового гною нижча, ніж підстилкового, а загалом він не поступається останньому.

Слід зазначити, що у разі порушення технології внесення безпідстилкового гною є небезпека забруднення ґрунту, повітря, поверхневих і ґрунтових вод. В останніх може збільшуватися вміст нітратів. При внесенні у великих кількостях або впродовж тривалого часу може погіршуватися санітарний стан ґрунту, відбуватися накопичення важких металів, що негативно позначається на фізико-хімічних і агрохімічних показниках родючості ґрунту.

Для запобігання забрудненню поверхневих і ґрунтових вод слід поєднувати внесення гною з подрібненою соломкою, сібною проміжних культур (редьки, ріпаку, гірчиці та ін.), які будуть перехоплювати рухомі форми елементів живлення з гною і ґрунту.

### 4.3. ПТАШИНИЙ ПОСЛІД

**Пташиний послід** – цінне, найбільш концентроване і швидкодіюче органічне добриво.

Вміст елементів живлення в пташиному посліді залежить від складу кормів і менш істотно – від способу утримання птахів. Азоту і фосфору в безпідстилковому курячому посліді значно

більше, ніж у підстилковому гною сільськогосподарських тварин (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

**Середній вміст води і елементів живлення у пташиному  
посліді, відсоток сирої маси**

Вид птиці	Вихід за рік, кг	H <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Кури	7	56	1,8	1,8	1,0
Качки	8	70	0,9	1,0	0,6
Гуси	10	76	0,6	0,5	0,9
Індики	9	75	0,6	0,5	1,0
Голуби	1	52	1,8	1,9	1,6

Половина азоту, що є в пташиному посліді, 4 % фосфору і 60 % калію знаходяться у водорозчинній формі. До складу посліду також входить значна кількість мікроелементів, мг/кг сухої речовини: марганцю – 150–400, цинку – 120–400, кобальту – 10–13, міді – 5–10, заліза – 3500–8000.

Залежно від особливостей технології вирощування птахів послід може бути підстилковий і безпідстилковий.

Пташиний послід застосовують до початку сівби культур та під час їх вегетації – для підживлення. Вносять його перед сівбою під просапні культури і овочі в нормі 4–5 т/га, під зернові культури – 2,5 т/га. Норми сухого посліду в два – три рази менші. Для підживлення культур застосовують 0,5–1 т/га безпідстилкового посліду, а при внесенні в борозни і ямки – 0,4–0,5 т/га. Норми підстилкового посліду на 20–30 % вищі, а сухого втричі менші. Для позакореневого підживлення послід розбавляють водою у 7 разів. Пташиний послід можна застосовувати для весняного підживлення озимих культур (2 т/га), а також для удобрення сінокосів і пасовищ (10–15 т/га).

Сухий пташиний послід широко застосовують у тепличному овочівництві. Наприклад, під огірок його вносять із розрахунку 1–5 кг/м<sup>2</sup>. З нього можна приготувати “штучний”

---

---

гній, змішавши з соломою у співвідношенні 1:10. Для цього подрібнену солому укладають шарами 15–20 см, пересипаючи послідом і поливають водою. За 5–10 діб температура в середині бурта піднімається до 60°C. Через місяць борт перелопачують і поливають водою.

У рік після внесення пташиного посліду в середньому засвоюється 50 % N, 20 –  $P_2O_5$  і 70 %  $K_2O$ . За впливом на врожай і якість продукції пташиний послід у перший рік наближається до мінеральних добрив, а в наступні – до гною.

#### 4.4. ТОРФ

**Торф** – це розкладена рослинна маса в умовах надмірного зволоження і нестачі повітря.

Залежно від ступеня розкладання він містить у різному співвідношенні негуміфіковані рослинні залишки, перегній і мінеральні сполуки.

Торф поділяють на дві великі групи: нормальнозольні (до 12 % золи на суху речовину) і високозольні. Залежно від розміщення болота за елементами рельєфу і складу його рослинності виділяють три типи торфу: *верховий, перехідний і низинний*. Верховий торф утворюється на підвищених елементах рельєфу, переважно із сфагнового моху, пухівки, багна та інших рослин, не вибагливих до елементів живлення. Низинний торф утворюється на понижених елементах рельєфу із гіпнових мохів, трав'янистих, дерев'янистих та інших вологолюбних і вибагливих до елементів живлення рослин. Перехідний торф займає проміжне положення між верховим та низинним і трапляється порівняно рідко. Отже, тип торфу визначають рослини-торфоутворювачі, від яких і залежать його властивості (зольність, забезпеченість елементами живлення, ступінь гуміфікації, кислотність, вологостійкість, ємність поглинання та ін.).

---

---

За ступенем розкладання торфи поділяються на слабо-розкладені (до 20 % гумусових речовин), середньорозкладені (від 20 до 40) та сильнорозкладені (понад 40 %). Його встановлюють за допомогою спеціальних аналізів (під мікроскопом або після центрифугування). Візуально це можна визначити і за зовнішніми ознаками. Якщо торф не продавлюється між пальцями і з нього легко виділяється вода, яка має жовтуватий відтінок, – це торф із низьким ступенем розкладання. За високого ступеня розкладання торф продавлюється між пальцями, мається, а вода, що виділяється окремими краплями, має коричневий колір.

Торф має високий вміст азоту, але малий фосфору і дуже малий калію й міді. Азот у торфі знаходиться в органічній формі і може бути доступний для рослин лише після мінералізації (розкладання), яку прискорюють, додаючи вапно і проводячи компостування з рідкими біологічно активними компонентами (гноєм, пташиним послідом, гноївкою та ін.). Під час вирощування на осушених торф'яниках будь-яких культур їх насамперед потрібно удобрювати калійними і мідними добривами.

Торфи мають велику кислотність. Тому навіть низинні розкладені торфи з показником  $pH_{\text{сол}} < 5,5$  не можна використовувати як добриво без попереднього компостування з вапном.

Поглиняльна здатність торфу має велике значення при використанні його на підстилку худобі або птиці. Залежно від типу торфу максимальна його вологоємність змінюється від 500 до 2000 % на суху масу. Ємність поглинання торфів значно вища, ніж чорноземів типових.

Торф у сільськогосподарському виробництві використовують для підстилки птахам і тваринам, компостування, приготування горщиків для вирощування розсади, як мульчувальний матеріал, субстрат для вирощування культур у захищеному ґрунті, як самостійне добриво і т. д. Проте обмежені запаси торфу роблять актуальним його раціональне застосування. Для підстилки і приготування компостів його потрібно використо-

---

---

вувати у мінімальних об'ємах (для утилізації 1 т виділень тварин у середньому потрібно 300 кг торфу).

Ефективність торфу як добрива залежить від швидкості розкладання органічних речовин, яку активізують компостуванням. При цьому збільшується кількість мікроорганізмів, які мінералізують органічні речовини торфу. Тому ефективність компостованого торфу у 3–5 разів вища, ніж внесеного у чистому стані. Норми чистого торфу (50–100 т/га) можна значно зменшити, якщо одночасно з ним вносити та заорювати у невеликих нормах (5–10 т/га) безпідстилковий гній, гноївку, пташиний послід.

На ґрунтах легкого гранулометричного складу високий ефект може давати внесення провітреного низинного торфу, але це потребує високих норм внесення, а відповідно швидкої виробки родовищ. Проте низинний торф краще використовувати для мульчування ґрунту.

Верховий торф використовують лише для підстилки. Удобрювальна цінність отриманого гною вища, ніж торфогнойових компостів.

## 4.5. СОЛОМА

Основа простого відтворення родючості ґрунту в землеробстві – застосування закону повернення поживних речовин у ґрунт. Крім елементів живлення, винесених урожаєм, у ґрунт мають повертатися органічні речовини – надземна біомаса (нетоварна частина врожаю). Тому, крім підстилки для худоби та для інших господарських потреб, решта соломи має бути використана як органічне добриво. Вміст сухих речовин у соломі досягає 85 %, у підстилковому гною – 20, зеленому добриві – 10, рідкому гною – 3 %. Отже, солома має велике значення у регулюванні балансу органічних речовин, що надходять у ґрунт, зокрема на віддалених від ферм полях, або в господарствах, де відсутнє тваринництво.

Нині органічні добрива майже не вносять. За умови, що всі рослинні залишки основних і пожнивних культур залишаються на полі, досягається навіть додатний баланс органічного вуглецю, і що важливо зазначити, це економічно вигідніше, ніж тоді, коли залишки використовують для потреб тваринництва і вони повертаються на поле вже як гній. За такого способу господарювання органічні добрива непотрібні. Не витримує критики і той аргумент, що солома є кормом. В умовах високо-технологічного тваринництва солому на корм не використовують, а залишають на полі і зазвичай подрібнюють (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

#### Класифікація післязбиральних залишків культур

Неламкі	Ламкі
Гречка, кукурудза, льон, люцерна та інші бобові рослини, овес, просо, пшениця, рис, жито, кормові культури, сіно, силос, сорго, тютюн, тритикале, ячмінь	Гірчиця, зелений горошок, картопля, овочі, соняшник, сидерати, буряк, суріпиця, квітучі рослини, соя, сухі боби, сухий горох, сочевиця, виноград

*Примітка.* Якщо комбайн обладнано подрібнювачем під час жнив, то рослинні залишки вважаються ламкими.

Хімічний склад соломи залежить від властивостей ґрунту, удобрення і погодних умов. Солома зернових культур у середньому містить 0,5 % N, 0,25 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,8 % K<sub>2</sub>O, 35–40 % органічного вуглецю та незначну кількість кальцію, магнію, сірки і мікроелементів. Співвідношення C:N в соломі досить широке (50–100). Тому для її розкладання мікроорганізмами потрібне додаткове живлення азотом, який вони перехоплюють у рослин з ґрунту і добрив.

Отже, удосконалення методів управління рослинними залишками має велике значення не лише в плані одержання

---

---

необхідної кількості, але й з метою тимчасового усунення блокування поживних речовин.

**Негативна дія соломи.** Солома діє на культуру депресивно, під яку її вносили, як добриво. Крім високого співвідношення  $C:N$ , пригнічувальна дія пов'язана із наявністю у ній розчинних форм органічних сполук – саліцилової і дитідростеаринової кислот та ваніліну. Водна витяжка зі свіжої соломи затримує розвиток рослин. У соломі та продуктах її розкладання виявлено похідні фенолу, які токсично впливають на рослини.

Органічні речовини рослинних решток розкладаються тим швидше, чим більший у них вміст азоту і чим менше співвідношення азоту і вуглецю. Якщо соломі використовують як добриво, потрібно також вносити азотні добрива з розрахунку 10–12 кг д. р. на кожну тонну соломи. Активність мікроорганізмів можна підвищити, якщо замість мінерального азоту добрив до соломи додати безпідстилковий гній, гноївку або інші органічні добрива. Ефективним також є застосування біодеструктора стерні – це комплексний за складом та багатofункціональний за дією мікробний препарат промислового виробництва, розчином якого обприскують ґрунт і післязбиральні залишки рослин.

### **Основні агротехнічні вимоги до внесення соломи як добрива**

Солому насамперед варто вносити на бідних, виораних ґрунтах, на полях, віддалених від тваринницьких ферм більш ніж 5 км, а також якщо в господарстві бракує гною.

Солому можна вносити під усі сільськогосподарські культури. Найкраще солома розкладається у разі загортання її при основному обробітку ґрунту на полях, призначених для вирощування просапних культур.

Рівномірність розподілу подрібненої соломи завдовжки 5–10 см має становити не менш як 75 % безпосередньо під час обмолоту зерна.

---

---

Подрібнену солому можна залишати в полі впродовж 1–2 тижнів після збирання врожаю. У такому разі вона є мульчею, яка запобігає висушуванню ґрунту.

Після розкидання соломи потрібно внести азотні добрива із розрахунку 10–12 кг д. р. на 1 т соломи та обробити поле дисковою бороною на глибину 8–12 см.

Оранку, зазвичай, проводять в оптимальні строки.

Досить ефективного внесення соломи з додаванням азотних і вирошуванням зелених добрив (сидератів) під просапні культури з тривалим вегетаційним періодом (бурак, кукурудза).

У перший рік після внесення соломи культурні рослини отримують 15–25 % N, 20–30 –  $P_2O_5$  і 25–40 %  $K_2O$ .

За систематичного внесення соломи ефективність її зростає, а нестача азоту виявляється лише у перший рік. У наступні роки азоту вивільняється більше, ніж закріплюється, тому післядія соломи часто виявляється і без додаткового внесення азоту з іншими добривами.

Ефективність соломи за систематичного внесення в сівозміні зростає з 0,1 т/га до 0,2–0,3 т/га у перерахунку на зернові одиниці від кожної тонни соломи.

За тривалого систематичного внесення соломи і вирівнюванні її норм за елементами живлення мінеральними добривами солома за своєю дією на продуктивність культур не поступається гною.

Солома поліпшує фізичні і фізико-хімічні властивості ґрунту, посилює активність мікроорганізмів, їх азотфіксувальну здатність, зменшує втрати азоту, підвищує доступність фосфору, сприяє збереженню гумусу в ґрунті. Будь-які аргументи, якими виправдовують спалювання соломи незалежно від місця проведення – на полі, в скирті або в пічці, є необґрунтованими. Так, солома згоряє на 1 м<sup>2</sup> поля за 30–40 с. При цьому температура на поверхні ґрунту може досягати 360°C, а на глибині 5 см – близько 50°C. При цьому відбувається вигорання гумусу в шарі ґрунту 0–5 см, та втрата води до глибини 10 см. Крім того,



---

---

зменшується біологічна активність ґрунту, погіршуються водно-фізичні властивості – збільшується бриластість, зменшується частка агрономічноцінних, зокрема водостійких, агрегатів.

#### 4.6. САПРОПЕЛЬ

**Сапропель** – це донні органо-мінеральні відклади прісноводних водойм, що утворилися впродовж тривалого історичного періоду.

Його утворюють залишки рослин і тварин, мінеральні та органічні домішки, які переносяться вітром і водою. Сапропель на повітрі сохне повільно, важко віддаючи вологу. Після висихання стає твердим, змінює природне (від рожевого до темно-коричневого) забарвлення і знову не намочується.

Сапропель добувають земснарядами з наміванням пульпи у відстійники, де в перший рік він зневоднюється, а на другий після промерзання (внаслідок чого він стає пухким) його сушать до вологості 50 %. Залежно від родовища він може містити 0,5–2,5 % N, 0,15–0,20 –  $P_2O_5$ , 2–4 –  $CaO$  і 0,5–2,5 %  $MgO$ . У сапропелі майже не міститься калію. Доступного азоту і фосфору в сапропелі втричі менше, ніж у гною. Вміст органічних речовин коливається від 12 до 80 %, золи — від 20 до 90 % на суху речовину.

За вмістом кремнезему ( $SiO_2$ ) та оксиду кальцію ( $CaO$ ) сапропелі поділяють на кремнеземисті, вапнякові та змішані. Вапнякові сапропелі використовуються для вапнування ґрунтів.

Сапропель доцільно застосовувати для удобрення культур на піщаних і супіщаних ґрунтах за нестачі гною і насамперед на полях, розміщених поряд з місцями його видобутку. Норми його внесення у 2–3 рази вищі, ніж гною. Кремнеземистий сапропель немає удобрювальної цінності.

Як добриво використовують також *мул із прісних водойм* (землиста маса), який утворюється впродовж кількох десятків

---

---

років на дні річок і штучних водоймищ. Він містить від 10 до 30 % органічних речовин, 0,5–2 % N, 0,25–0,5 –  $P_2O_5$  і 0,2–0,8 %  $K_2O$ .

Заготовляють мул у такій послідовності: з водоймищ спускають воду і мул складають у невеликі купи для стікання води; потім купи згортають у бурти, де він остаточно підсихає, провітрюється і проморожується. Це триває близько 6-и міс.

Мул не слід прирівнювати до сапропелю, оскільки він утворюється за короткий період існування штучного водоймища, переважно після знесення з навколишніх сільськогосподарських угідь органічних і мінеральних речовин. Тому за хімічним складом мул майже не різниться від складу навколишніх ґрунтів. Мул можна використовувати як добриво, але перевозити його на значні відстані недоцільно. Норми внесення провітреного мулу залежно від його хімічного складу становлять 50–200 т/га.

#### 4.7. КОМПОСТИ

**Компости** – це органічні добрива, отримані внаслідок біотермічного процесу мінералізації і гуміфікації, зазвичай, двох органічних компонентів під дією мікроорганізмів.

При цьому в одному з компонентів зменшуються втрати елементів живлення (гній, гноївка, пташиний послід, фекалії та ін.) з одночасним прискоренням розкладання іншого (торф, солома, тирса, побутове сміття та ін.) і перетворенням у доступні для рослин форми їх елементів живлення. У процесі компостування відбувається їх біотермічне знезараження внаслідок нагрівання до температури 60°C, за якої гинуть яйця й личинки мух і гельмінтів та хвороботворних неспоривих мікроорганізмів.

Компоненти компостів змішують і витримують доти, поки вміст їх не перетвориться на однорідну темну розсипчасту масу.

---

---

Вологість компосту має бути не більш як 75 %, з реакцією, близькою до нейтральної. Він має містити елементи живлення в доступній для рослин формі.

Компостування дає змогу повніше використовувати природні, побутові та промислові джерела органічних речовин, сприяти збільшенню виходу добрив.

Найактивніше процес компостування відбувається за плюсових температур довкілля, оптимальних умов вологості та достатнього доступу повітря на початку процесу. Взимку цей процес майже припиняється. Для прискорення розкладання органічних речовин, скорочення втрат аміачного азоту й підвищення концентрації елементів живлення в компості у разі високої кислотності додають вапняні матеріали.

**Торфогнойові компости** готують біля тваринницьких приміщень, у гноєсховищах, або на полі, де їх будуть вносити. Відношення гною до торфу в компості взимку, зазвичай, становить 1 : 1, а влітку 1 : 3. Для компостування придатні всі типи торфів з вологістю до 60 %. Компости можна виготовляти різними способами: осередковим, пошаровим, площадковим, цеховим та ін.

**Торфогнойові компости** готують у полі навесні та влітку. Торф викладають у вигляді корита і на кожен тонну додають 1–3 т гноївки. Потім масу бульдозером згрібають у бурти, які за потреби утеплюють.

Із сечею, рідким і напіврідким гноєм та фекаліями торф компостують так само, як і з гноївкою.

На 1 т торфу добавляють близько 0,5 т фекалій. Фекалії містять 0,5–0,8 % N, 0,2–0,4 –  $P_2O_5$  і 0,3–0,4 %  $K_2O$ . Потрібною умовою є те, щоб температура у компостованій масі піднялася до 60°C. Торфофекальні компости найкраще вносити на другий рік після закладання. Проте не рекомендують застосовувати ці компости під овочеві культури.

---

---

Висушені фекальні маси (пудрети), які містять близько 2 % N, 4 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 2 % K<sub>2</sub>O, застосовують як високоефективне добриво під декоративні культури у нормі 2–3 т/га.

**Торфопослідні компости** готують з 1-їєї частини пташиного посліду і 2-ох частин торфу на птахофабриках або в господарствах. Компости з посліду (1 частина) і ґрунту (1,5 частин) готують на краю удобрюваного поля. На птахофабриках також виготовляють компост із пташиного посліду (3 частини) і тирси (2 частини). Дуже повільно розкладається тирса хвойних порід дерев.

Тирсу можна застосовувати і без компостування, обробивши її розчином азотних добрив або коров'яком (на 10 л води 200 г карбаміду або 3 л свіжого коров'яку). Співвідношення тирси до розчину 3 : 1.

**Вермикомпост** (торгова назва *біогумус* та ін.) – це високомолекулярні органічні сполуки, що утворюються внаслідок життєдіяльності черв'яків у процесі перероблення ними органічних речовин (гною ВРХ і свиней, крім кролячого), пташиного посліду, соломи, листя дерев, відходів харчової промисловості, побутових відходів, які пройшли ферментацію та виділення їх у навколишнє середовище травним каналом. Копроліти черв'яків не злежуються та не мають запаху. Вони містять макро- і мікроелементи, біологічно активні речовини. При цьому зменшується кількість сальмонел і вірусів. Черв'яки здатні розмножуватися за температури від 4 до 28°C з бажаною кислотністю середовища (рН = 6,5...7,5) і тривалістю життя 800–900 діб.

Для вермикультури придатні такі види черв'яків: гнойові, звичайні дощові, малі червоні, червоний каліфорнійський та деякі інші види. Проте найчастіше використовують червоний каліфорнійський черв'як. На відміну від диких родичів, він здатний швидко розмножуватися й давати 15–25-разове відтворення за цикл культивування на відкритих майданчиках і 500-разове в умовах закритих приміщень.

---

---

Вермикомпост готують у купах або місткостях. Щільність заселення 30–100 тис. черв'яків на 1–1,5 т органічних відходів у рік. Спочатку відходи витримують у купах, щоб почалася ферментація, яка супроводжується сильним нагріванням. Через 1–1,5 міс., коли температура знизиться до 20°C, в купах роблять отвори і запускають туди черв'яків (приблизно по 100 шт. у кожний отвір). Через 3–4 міс. відходи перетворюються на компост. Для відокремлення черв'яків від готового компосту застосовують різні способи, зокрема додають нову порцію органічних відходів, в які черв'яки перелазять самі у пошуку корму. Потім цей шар відходів з черв'яками знімають і переносять до нової купи.

З 1 т органічних речовин виробляється близько 600 кг вермикомпосту та до 100 кг біомаси тіла черв'яків. Для проведення вермикомпостування рекомендують такий субстрат: 1/3 частина гною, 1/3 – грубих залишків та 1/3 частина землі або старого компосту, в якому жили черв'яки. Проте на виробництві застосовують таку суміш: 1/6 частина старого компосту, а решта – гній, з якого повністю виділилися гази. Грубого корму не додають, оскільки гній містить чимало підстилкової соломи. Догляд за черв'яками, переважно, полягає у регулярному поливанні субстрату.

Вермикомпост – це збалансоване органічне добриво, що містить 30 % органічних речовин (на суху речовину), 0,8–3,0 % N, 0,8–5 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1–2 % K<sub>2</sub>O та інші макро- і мікроелементи. За суцільного внесення норма його становить 3–3,5 т/га, локального – 0,25–0,3 т/га. Досить ефективно застосовувати вермикомпости в овочівництві як відкритого, так і захищеного ґрунту.

Компости найкраще вносити восени під зяблеву оранку або навесні під культивуацію. Вони ефективні на всіх типах ґрунтів для всіх сільськогосподарських культур, але найкраще їх застосовувати під просапні та овочеві культури.

---

---

## 4.8. ЗЕЛЕНІ ДОБРИВА

**Зелені добрива** – це свіжа рослинна маса, заорана у ґрунт для збагачення його і наступних культур азотом та іншими елементами живлення.

Рослини, які вирощують на зелене добриво, називають *сидератами*, а сам захід – *сидерацією*. Заорювання сидератів, як і будь-яких інших органічних добрив, збагачує ґрунт на органічні речовини, знижує його кислотність, забур'яненість полів, підвищує буферність, поліпшує структуру ґрунту, активізує життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів. Їх вирощування запобігає втратам елементів живлення внаслідок ерозії та міграції по профілю ґрунту. Сидерацію застосовують на віддалених від ферм полях, куди економічно не вигідно завозити гній, а також у господарствах з малим виробництвом органічних добрив, у спеціалізованих господарствах без тваринництва.

Сидерати мобілізують елементи живлення нижніх шарів ґрунту і переміщують їх в орний шар. Якщо внесення гною – це повернення в ґрунт елементів живлення, що були використані рослинами для створення врожаю, то застосування зеленого добрива – це мобілізація поживних речовин із сонячної енергії, атмосфери та нижніх шарів ґрунту, які мало використовуються.

У світовій практиці на зелене добриво вирощують турнепс, капусту кормову, люпин, фацелію, редьку олійну, гірчицю, гречку, багаторічні трави (люцерну, конюшину, буркун, еспарцет), зернобобові (вику, горох, боби кормові), капустяні (ріпак, редьку олійну, гірчицю, свиріпу), злакові (жито, тритикале, райграс, суданську траву). Широкою популярністю користуються суміші озимих – вики і жита, ярих – вики і вівса, гороху і вівса, пелюшки і кормових бобів, вики ярої, пелюшки й ріпаку.

Ґрунтово-кліматичні умови України дають змогу висівати на зелене добриво велику кількість культур. У регіонах з

---

---

достатнім зволоженням слід висівати люпин, конюшину, вико-вівсяні суміші, райграс, капустяні культури, у більш посушливих умовах – вико-житню, вико-вівсяну, горохово-вівсяну та гречано-соняшникову суміші, горох, буркун, еспарцет. За низьких запасів азоту в ґрунті та на бідних землях сидерація капустяними культурами є неефективною.

Вибираючи сидеральну культуру, зважають на вартість насіння, яке використовують на 1 га посівної площі. При використанні на зелене добриво злакових культур доцільно третину або половину норми азоту і всю фосфору і калію, призначену для основної культури, внести під сидерат. Біомаса сидерату в такому випадку може збільшуватися майже вдвічі.

Застосовуючи на сидерацію капустяні культури, слід мати на увазі, що біомаса редьки олійної, ріпаку, суріпки та інших культур визначається наявністю в ґрунті азоту та рівнем ґрунтової родючості взагалі. При низьких запасах азоту і на бідних ґрунтах капустяні сидерати, зазвичай, не вдаються зовсім. Тому для отримання високої врожайності їх зеленої маси потрібно обов'язково вносити мінеральні добрива у нормах 60—90 кг/га д. р. Доцільніше висівати бобові сидерати, які можуть мобілізувати 100—200 кг/га біологічного азоту, якого вистачає не лише для вирощування першої, але й наступних культур.

В одиниці рослинної маси бобових сидератів міститься така сама кількість азоту, як і в одиниці гною, але фосфору і калію менше, тому останні додатково вносять з мінеральними добривами. У ґрунті зелені добрива розкладаються значно швидше, ніж інші органічні добрива.

Розрізняють такі способи застосування зелених добрив: підпокривний, самостійний, проміжний, або вставний, укісний, отавний, укісно-отавний.

**Підпокривний.** Насамперед висівають еспарцет, люпин, конюшину, буркун.

---

---

**Самостійний** – культура займає все поле впродовж вегетаційного періоду або навіть кілька років підряд (сидеральний пар).

**Проміжний, або вставний** – культура займає поле у період між збиранням однієї і сівбою іншої культури. Залежно від строків сівби сидерату воно може бути підсівним (наприклад, люпин навесні підсівають під жито озиме на зелений корм, а після скошування жита сидерат відростає, після чого його приорють) і пожнивним (люпин сіють після збирання ярих або озимих культур). Це найпоширеніший спосіб застосування сидератів. Критерієм можливого використання культур на сидерат у поукісних посівах є температура, за якої припиняється вегетація. Найчастіше як сидерат використовують горох, вику, гірчицю білу, райграс, фацелію, ріпак, свиріпу.

Сівбу пожнивних посівів проводять відразу після збирання основної культури. До зниження температури до 5°C накопичується достатня кількість зеленої маси (10–20 т/га), яку заорюють. У цих випадках ґрунт не обробляють, а застосовують пряму сівбу.

**Укісне зелене добриво.** Сидерат вирощують на одному полі, а використовують на іншому у вигляді скошеної, подрібненої маси, яку розкидають по полю та заорюють. Найчастіше для цього використовують люпин багаторічний, який вирощують у запільних клинах.

**Отавне, або укісно-отавне зелене добриво.** Перший укіс сидератів використовують на корм худобі, а отаву, що відростає, заорюють у ґрунт.

Глибина заорювання сидератів впливає на врожай сільськогосподарських культур і гумусовий стан ґрунту. Так, мілке їх загортання істотно підвищує врожай, але незначно впливає на накопичення гумусу в ґрунті, глибоке – навпаки. Глибоке заорювання особливо важливе на ґрунтах легкого гранулометричного складу. Після заорювання разом із сидератом торфу, соломи процес розкладання першого



---

---

уповільнюється, а додавання гною або гноївки, навпаки, пришвидшує розкладання зеленого добрива.

Особливо велике значення має те, в якій фазі росту й розвитку заорюють рослини. Заорювання сидеральних культур у фазі до цвітіння бобових або колосіння злакових активізує мікробіологічні процеси в ґрунті, підвищує врожайність наступних культур, але не впливає на кількість і якість гумусу. Це пояснюють тим, що ніжна зелена маса сидерату бідна на лігнін, швидко мінералізується і в гумусні сполуки не закріплюється.

Слід зазначити, що заорювання сидератів у ранні строки може спровокувати мінералізацію органічних речовин ґрунту та висушувати його орний шар. Тому сидеральну культуру подрібнюють і загортають перед замерзанням ґрунту восени. Крім того, можна проводити кулісну сидерацію для снігозатримання у зимовий період із загортанням маси рослин навесні дисковими боронами з наступним заорюванням.

За ступенем впливу на врожайність культур сидерати наближаються до підстилкового гною в нормі 20–30 т/га, причому витрати на їх виробництво та застосування в 2–4 рази нижчі.

Використання сидератів має такі позитивні наслідки: вони запобігають ерозії і деградації ґрунту; регулюють ґрунтово-мікробіологічні процеси, стимулюючи розмноження мікроорганізмів; поліпшують структуру і водні властивості ґрунту; знижують ураженість рослин хворобами; мобілізують елементи живлення ґрунту; знижують забур'яненість полів.

*Післязбиральні залишки рослин* (стерня і коріння) – важлива стаття надходження у баланс органічних речовин і трансформації елементів живлення в ґрунті. Отже, їх можна розглядати як різновид отавного зеленого добрива.

Кількість і якість післязбиральних залишків залежить від культури, сорту та врожайності і змінюється у досить широких межах, т/га: люпин багаторічний – 2–3, конюшина – 3–7, люцер-

---

---

на – 4–9, горох – 1,5–3, озимі жито і пшениця – 2,2–6,5, ячмінь – 2–4,5, кукурудза – 1,5–6, картопля – 1–1,2, буряк цукровий – 1–1,5, жито на зелений корм – 1–2, гірчиця – 0,4–1, багаторічні злакові трави – 5–11.

Слід зазначити, що поряд з поліпшенням балансу органічних речовин, післязбиральні залишки бобових і зернобобових культур внаслідок азотфіксації поліпшують також і баланс азоту. Вміст азоту в коренях бобових культур досягає 2–2,5 %, тоді як в інших культур воно не перевищує 0,5–1 % на суху речовину. Тому післязбиральні залишки багаторічної люцерни за вмістом у них сухої речовини та азоту на 1 га можуть бути еквівалентні 40 т/га гною, а конюшини — 20–25 т/га.

Злакові багаторічні трави за масою післязбиральних залишків серед усіх культур займають перше місце, але містять мало азоту (0,5–0,7 %), що створює широке співвідношення  $C : N$ . Тому під час їх мінералізації мікроорганізми використовують з ґрунту і добрив значну кількість азоту, приблизно таку, як і при заорюванні соломи на добриво.

Кількість і якість післязбиральних залишків можна регулювати структурою посівних площ, проміжними культурами, висотою зрізування стеблостою під час збирання врожаю, що потрібно обов'язково враховувати при визначенні норм і місця внесення органічних добрив у сівозміні.

#### 4.9. БАКТЕРІАЛЬНІ ПРЕПАРАТИ

У підвищенні продуктивності сільськогосподарських культур і родючості ґрунтів поряд з органічними добривами важлива роль належить використанню бактеріальних препаратів.

**Бактеріальні препарати** – це високоефективні корисні мікроорганізми, які цілеспрямовано поліпшують умови живлення сільськогосподарських культур.

---

---

Крім того, відносно низька вартість, висока окупність, простота застосування, безпечність для довкілля зумовлюють їх широке застосування. Так, у країнах Євросоюзу мікробні препарати застосовують на третині площ, зайнятих сільськогосподарськими культурами.

Бактерії, що заселяють кореневу систему, утворюють своєрідний біологічний “чохол” – ризосферу і є посередниками між ґрунтом і рослинами у забезпеченні їх поживними речовинами.

Діяльність корисних мікроорганізмів багатогранна. Особливо актуальним є широке використання здатності мікроорганізмів до засвоєння молекулярного азоту з атмосфери. Це дає змогу вирішити важливу проблему – створення достатньої кількості білка.

Мікробіологічна фіксація атмосферного азоту – екологічно чистий шлях забезпечення ним рослин. Він потребує відносно невеликих енергетичних витрат. Газоподібний азот повітря майже недоступний для більшості вищих рослин. Молекули азоту хімічно інертні, а його хімічні зв’язки між атомами досить стійкі. Потрібні великі зусилля, щоб їх розірвати і фіксувати азот. На відміну від промислових установок, де відновлення молекулярного азоту на аміак здійснюється за високих температури і тиску, в біологічній системі зв’язування газоподібного азоту відбувається за звичайних тиску і температури.

За джерелами доступної енергії азотфіксувальні мікроорганізми умовно поділяють на дві групи: авто- та гетеротрофи. Автотрофи (ціанобактерії і фотосинтезуючі анаеробні бактерії) мають істотне значення лише на перезволожених ґрунтах, де фіксують до 20–50 кг/га азоту за рік. Проте в природі найпоширеніші гетеротрофні фіксувальні організми. Азотфіксувальна активність у фітоплані – у ризосфері (прикореневій зоні) і філосфері (на поверхні листків) небобових рослин, називають *асоціативною азотфіксацією*. Експериментально це підтверджено беззмінним вирощуванням небобових культур. При

цьому в ґрунті не спостерігається значного зниження вмісту азоту, не зважаючи на щорічне відчуження його з урожаєм, тоді як під паром його вміст безперервно зменшується.

Обсяги фіксації азоту асоціативною мікрофлорою досить значні – 30–40 кг/га азоту за рік.

Українські вчені на чолі з академіком В.П.Патикою виділили з ризосфери деяких сільськогосподарських культур високоактивні штами асоціативних мікробів-азотфіксаторів і на їх основі розробили низку бактеріальних препаратів: *ризоагрин* (для оброблення насіння пшениці й рису); *ризоентерин* (для передпосівного оброблення насіння ячменю й рису); *флаво-бактерин* (пшениці, буряку кормового, трав); *агрофіл* (огірок, помідор, перець, салат та інші овочеві культури).

На поверхні листків рослин також відбувається несимбіотичне гетеротрофне зв'язування мікроорганізмами атмосферного азоту. Внесок його у загальний баланс азотонакопичення в системі рослина – мікроорганізми не перевищує 15 %. Найбільший продуктивний симбіоз бульбочкових бактерій (*Rhizobium*) спостерігається з бобовими рослинами. За оптимальних умов величина біологічної фіксації азоту досягає 300 кг/га і більше за рік (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

#### Ефективність симбіотичної азотфіксації у різних бобових культур (І.А. Тихонович, 2007)

Культура	Кількість фіксованого азоту, кг/га за рік		Коефіцієнт азотфіксації	Приріст урожаю, %
	потенційна	звичайна		
Горох	135	40–60	0,66	10
Вика	157	40–65	0,70	18
Соя	390	60–90	0,88	24
Люпин	220	80–120	0,81	15
Еспарцет	270	130–160	0,80	17
Люцерна	550	140–210	0,88	25
Козлятник	480	130–220	0,91	35

---

---

У ґрунті полів, зазвичай, поширені бульбочкові бактерії тих бобових культур, які на них перед цим вирощували. У дуже малих кількостях вони можуть переноситися у мікротріщинах насіння, куди вони потрапляють з ґрунту за комбайнового збирання врожаю. Здебільшого ці бактерії неактивні або малоактивні. Застосування підвищених норм мінеральних добрив і пестицидів негативно впливає на життєдіяльність корисної ґрунтової мікрофлори, зокрема на бульбочкові бактерії. Тому застосування препаратів бульбочкових бактерій є важливим агротехнологічним заходом для вирощування бобових культур.

Бактеріальні препарати розрізняють за препаративною формою: сухі, рідкі, желеподібні.

**Мікробні препарати на основі азотфіксуючих бактерій.** Найпоширенішим бактеріальним препаратом є ризоторфін. Ризоторфін використовують для оброблення насіння лише тієї культури, назву якої зазначено на етикетці препарату.

Щеплення бульбочкових бактерій бобовим культурам називають **інокуляцією**. Традиційним способом інокуляції є передпосівне оброблення насіння суспензією ризоторфіну. Технологія її проведення подібна до протравлювання насіння вологим способом. Для цього до рівномірно змоченого насіння (1,5–2 % води від маси насіння) додають потрібну кількість ризоторфіну і добре перемішують. Оброблення насіння можна поєднувати з обробленням його мікродобривами чи стимуляторами росту вручну або в машинах для протруювання, заздалегідь ретельно очищених від пестицидів. Його проводять лише у день сівби в місцях, захищених від прямих сонячних променів, під дією яких бактерії гинуть. Оброблене насіння відразу висівають. Слід зазначити, що через 4–5 год після оброблення насіння близько 50 % клітин ризобіуму гине, а не висіяне у день оброблення насіння потрібно знову обробляти. Різні форми бактеріальних препаратів можуть мати свої особливості застосування (строки проведення інокуляції, норми

---

---

витрати, поєднання з пестицидами тощо), про які слід читати на етикетці їх упаковки, або у рекомендаціях виробника.

Оброблення насіння ризоторфіном забезпечує приріст урожайності бобових культур (гороху, бобів, люпину) – 2,0–3,5 ц/га, сіна конюшини, люцерни – 5,0–10,0 ц/га. Вищу ефективність препарату встановлено на ґрунтах легкого гранулометричного складу, що пов'язано з меншою активністю природних популяцій азотфіксаторів. Ефективність інокуляції підвищується після вапнування ґрунту та внесення мікроелементів, насамперед молібдену і бору.

Встановлення оптимального поєднання біологічного азоту та азоту мінеральних добрив у живленні рослин дає змогу збалансувати його колообіг у землеробстві. Розмір симбіотичної азотфіксації залежить від забезпечення рослин азотом та інтенсивності фотосинтезу.

Інокуляція насіння бобових культур має бути обов'язковим агротехнічним заходом. Витрати на його проведення не перевищують 3–5 % отриманого прибутку, а врожайність бобових культур збільшується на 10–15 %. При цьому також значно зменшуються потреби у внесенні азоту мінеральних добрив.

Якщо створити оптимальні умови, бульбочки формуються рожевого забарвлення, а якщо вони набувають сірого чи зеленкуватого забарвлення, то азотфіксація в них не відбувається. Симбіотична азотфіксація починається лише у фазу 2–3 листків і досягає максимуму у фазу бутонізації – початку цвітіння, а потім сповільнюється до фази наливання зерна.

Потрібно зазначити, що за внесення мінерального азоту рослини переходять на його засвоєння і бульбочки не утворюються. *Азот мінеральних добрив є інгібітором азотфіксації.* Але невисокі стартові дози азотних добрив (20–30 кг/га д. р.) сприяють кращому розвитку рослин на початку вегетації і зазвичай не знижують, а навіть поліпшують природну властивість бобових культур до симбіозу.

---

---

Для виробництва бактеріальних препаратів використовують також асоціативні азотфіксатори-діазотрофи, здатні в асоціації з небобовими рослинами поліпшувати їх азотне живлення. Фіксація атмосферного азоту таким способом на порядок нижча, ніж у бобових культур, і не може бути достатньою для повноцінного формування врожаю. Залежно від виду рослин і ґрунтово-кліматичних умов розміри асоціативної азотфіксації можуть становити від 3–50 кг/га азоту за рік у регіонах з помірним кліматом та до 200–600 кг/га у регіонах з тропічним кліматом.

Активність несимбіотичної азотфіксації залежить від забезпеченості ґрунту легкодоступними органічними речовинами, його вологості, температури, гранулометричного складу, аерації, концентрації вуглекислого газу, наявності доступних сполук макро- і мікроелементів. На думку Є. Н. Мишустіна, використовуючи на добриво 1 т соломи, можна додатково отримати 5 кг фіксованого азоту.

Позитивну дію асоціативних азотфіксаторів можна звести до чотирьох основних факторів: збільшення кількості доступного біологічного азоту, кількість якого становить 30–50 кг/га на рік; створення бактеріями стимулювальних речовин гормональної природи, зокрема, внаслідок корневих виділень; збільшення поверхні кореневої системи, що сприяє підвищенню використання інших елементів живлення та захист від патогенної ґрунтової мікрофлори. Спостерігається також поліпшення якості врожаю (збільшення вмісту цукру в коренеплодах буряку; крохмалю в бульбах картоплі; зниження вмісту нітратів в овочах) і прискорення строків його дозрівання.

Нині створено низку мікробних препаратів на основі азотфіксувальних бактерій для різних видів сільськогосподарських культур. Це, зокрема, *ризогумін* для передпосівної інокуляції сої і гороху; *ризобофит* – для широкого спектра бобових культур; *діазофит* – для попередньої бактеризації пшениці й рису; *діазобактерин* – для бактеризації жита, гречки,

---

---

злакових трав; *мікрогумін* – для інокуляції ячменю і гречки; *біогран*, *азотобактерин*, *агрофіл* – для бактеризації овочевих культур.

Для деяких культур застосування мікробних препаратів – незамінний агрозахід. Крім бобових культур, мікробні препарати застосовують для гречки, оскільки вона має певні особливості азотного живлення. За умови надмірного азотного живлення рослини починають “жирувати”, формуючи велику вегетативну масу та знижуючи зернову продуктивність. При застосуванні бактеріальних препаратів азот надходить у рослини в оптимальних кількостях відповідно до їх росту й розвитку, що сприяє підвищенню продуктивності рослин.

*Мікробні препарати на основі фосфатмобілізувальних мікроорганізмів.* Ці бактерії здатні впливати на доступність фосфору для рослин із важкодоступних сполук ґрунту. Фосфатмобілізувальні мікроорганізми ферментативно гідролізують органічні форми фосфатів, кількість яких іноді досить висока в ґрунтах. Тому це може значно поліпшувати фосфорне живлення інокульованих рослин. Крім того, мікробні метаболіти активно розчиняють мінералофосфати, залучаючи їх із неактивної частини ґрунту до обміну речовин у рослинах.

В Україні зареєстровано такі мікробні препарати на основі фосфатмобілізувальних мікроорганізмів: *поліміксобактерин* та *альфобактерин* – для інокуляції буряку цукрового, кукурудзи, льону, пшениці, ріпаку й соняшнику.

*Мікробні препарати-деструктори* (UG тах, унікал та ін.) призначені для прискореної переробки різних органічних залишків у цінні органічні добрива.

*Біодеструктор стерні* – служить для обробки післязбиральних залишків урожаю зернових, технічних та інших культур. Це комплексний за складом та багатофункціональний за дією препарат. Його діючою основою є активні ґрунтові мікроорганізми – продуценти целюлоз та інших ферментів, бактерії-антагоністи патогенних для рослин грибів і бактерій,



---

---

фосфат- та азотмобілізувальних бактерій, продукти життєдіяльності мікроорганізмів (ферменти, вітаміни, гормони та ін.). Препарат прискорює розкладання післязбиральних залишків, нейтралізує негативний вплив рослин-попередників (алопатія) та токсинів, які можуть утворюватися під час їх розкладання.

**Біодеструктор Унікал** – засіб для прискореної переробки органічних відходів у вигрібних ямах, септиках, вуличних туалетах та швидкого перетворення інших рослинних і харчових залишків, що накопичуються у господарстві в органічне добриво, збагачене корисною мікрофлорою та біологічно активними речовинами.

### **? Питання для самоконтролю**

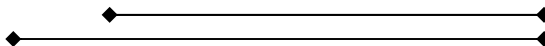
1. Яке значення мають органічні добрива?
2. Які є види органічних добрив? Як можна збільшити їх кількість та поліпшити якість?
3. Порівняйте хімічний склад різних органічних добрив.
4. Назвіть способи зберігання гною. У чому їх особливості?
5. Як встановити норму внесення гною?
6. Як відбувається розкладання гною в ґрунті?
7. Які особливості використання птишиного посліду?
8. Що таке сапропелі? Їх застосування.
9. Назвіть способи використання зелених добрив.
10. Які особливості використання соломи на добриво?
11. Які вимоги ставлять до якості торфу, який використовують на добриво?
12. Як виготовити компости? Назвіть види компостів.
13. Що таке вермикомпости?
14. Розкажіть про бактеріальні препарати та їх застосування.

---

---

## Розділ 5

# СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ



### 5.1. ПРИНЦИПИ СКЛАДАННЯ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

Основою раціонального вирощування культур є чітко розроблена система удобрення під певну сівозміну і заплановану врожайність. Ефективність добрив забезпечується застосуванням їх з урахуванням певних ґрунтових і кліматичних умов, особливостей живлення культур, видів сівозмін, агротехніки, складу і властивостей добрив, норм, строків і способів їх внесення та багатьох інших факторів. Ці обставини зумовлюють необхідність переходу від удобрення окремих культур до системи застосування добрив у сівозмінах (або іншого агроценозу) в кожному господарстві. Тому систему удобрення можна поділити на три поняття:

- 1) система застосування добрив у господарстві;
- 2) система удобрення в сівозміні або на іншому об'єкті застосування добрив (на луках, пасовищах, у багаторічних насадженнях, захищеному ґрунті тощо);
- 3) система удобрення окремих культур сівозміни, складена з оптимальних норм, доз, форм, строків і способів внесення добрив.

---

---

*Мета системи застосування добрив у господарстві* – раціональне застосування добрив та охорона довкілля. Система удобрення є важливою умовою інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. До комплексу заходів належать накопичення, закупівля, зберігання та облік добрив; вапнування кислих і гіпсування солонцевих ґрунтів; контроль за дією добрив і облік їх агрономічної й економічної ефективності.

*Система удобрення в сівозміні* є частиною загальної системи застосування добрив у господарстві, де всебічно обґрунтовано види, норми, дози, форми, співвідношення, строки і способи застосування добрив (і меліорантів) із урахуванням біологічних потреб культур в елементах живлення і фактичного рівня родючості ґрунту для отримання високих урожаїв культур доброї якості за наявних ресурсів добрив і меліорантів з одночасним регулюванням параметрів показників родючості ґрунту в певних природно-кліматичних умовах.

Загальну схему удобрення культур розробляють на ротацію сівозміні, а луків, пасовищ, багаторічних насаджень та інших – на період їх використання. При цьому враховують можливу середньобагаторічну (5–10 років) забезпеченість господарства добривами і середньозважені (за результатами останнього агрохімічного обстеження) параметри показників родючості ґрунту всіх полів сівозміні, а також можливий баланс елементів живлення і гумусу за реалізації системи удобрення.

Норми і співвідношення добрив у прийнятій системі удобрення щороку уточнюють у *річному плані застосування добрив* з урахуванням родючості ґрунту на полі, погодних умов, фактичної наявності добрив у господарстві. На основі цього плану складають *календарний план придбання (накопичення) добрив*, де зазначають загальну кількість певних видів і форм добрив та черговість їх придбання.

Кількісно систему удобрення в сівозміні характеризує середня кількість (на 1 га) добрив, які вносять щороку та за ротацію сівозміні (в останньому випадку – це насиченість 1 га

---

---

площі сівозміни добривами). Якісно вона характеризується окупністю 1 кг д. р. мінеральних добрив і 1 т органічних добрив урожаєм усіх культур сівозміни (в перерахунку на зернові або кормові одиниці залежно від типу сівозміни).

*Система удобрення окремих культур* за їх чергування у сівозміні – це план застосування органічних і мінеральних добрив, в якому передбачають норми, дози, форми, строки і способи їх внесення з урахуванням рівня запланованого врожаю, чергування культур у сівозміні та особливостей їх агротехніки, параметрів агрохімічних показників родючості ґрунту на певному полі, погодних умов, поєднання органічних і мінеральних добрив, економічних умов у господарстві.

Загалом під час розроблення системи удобрення потрібно враховувати такі положення: підвищувати врожайність і якість усіх культур; усувати відмінності (вирівнювати) в родючості окремих ділянок поля, а також окремих полів сівозміни і доводити параметри показників родючості ґрунту до оптимального рівня; підвищувати оплату одиниці добрив приростами врожаю; широко використовувати місцеві добрива; використовувати результати досліджень науково-дослідних установ, практичний досвід передових господарств та дані періодичного агрохімічного обстеження ґрунтів господарства.

Найбільша ефективність добрив виявляється на фоні високої культури землеробства, тобто із застосуванням усього комплексу агротехнічних заходів. Роль агротехніки зростає з підвищенням норм внесення добрив. Слід також пам'ятати:

- високими їх нормами не можна компенсувати невиконання або неякісне виконання деяких агротехнічних заходів;
- органічні та мінеральні добрива за тривалого їх застосування приблизно однаково ефективні;
- важливо враховувати попередники, їх удобрення, зокрема органічними, фосфорними і калійними добривами;

---

---

- здійснювати постійний контроль за відтворенням родючості ґрунту, балансом елементів живлення і гумусу в ґрунті з урахуванням вимог культур сівозміни і реалізації потенціалу їх продуктивності;

- сприяти підвищенню продуктивності праці під час застосування добрив;

- постійно виконувати зростаючі вимоги відносно охорони довкілля під час застосування агрохімікатів.

## 5.2. ОСОБЛИВОСТІ ЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ

В усіх природно-кліматичних зонах України важливою умовою для складання системи удобрення є спеціалізація господарства, типи сівозмін і склад їх культур. Максимальні врожаї забезпечуються за відповідного чергуванні культур на полі (культурообіг) або в сівозміні. У сівозміні виявляється післядія добрив, що сприяє зростанню врожаїв наступних культур і родючості ґрунту.

*Ґрунти зони Полісся* (дерново-підзолисті й сірі лісові) переважно мають низькі параметри показників родючості ґрунту: кисла реакція, вміст гумусу і рухомих сполук елементів живлення. На цих ґрунтах насамперед потрібно проводити вапнування та застосовувати високі норми органічних і мінеральних добрив.

Як уже зазначалося, обов'язковою умовою ефективної системи удобрення нечорноземних ґрунтів є вапнування. Для цього визначають місце першочергового його проведення і норми вапняних добрив. Максимальну ефективність органічні й мінеральні добрива проявляють в умовах нейтральної і слабокислої реакції ґрунту.

Поєднання органічних і мінеральних добрив – важлива умова ефективності системи удобрення у сівозміні. Органічні добрива насамперед вносять під просяпні культури (корене-

---

---

плоди, картоплю, кукурудзу на силос та ін.); під покривні культури з підсіванням трав, які будуть використовувати в наступні роки післядію органічних добрив; на ґрунтах легкого гранулометричного складу.

Мінеральні добрива вносять насамперед під овочеві й технічні культури (льон, буряк цукровий та ін.), які найкраще їх окупляють, а також під картоплю, зернові культури. Крім того, достатню увагу приділяють удобренню культурних луків і пасовищ. Підвищені норми мінеральних добрив вносять на провапнованих ґрунтах або з близькою до нейтральної реакцією середовища ділянках з регульованим водним режимом.

Система удобрення деяких культур сівозміни в зоні дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтів складається з основного, передпосівного внесення та підживлення. Роздрібне внесення азотних добрив у цій зоні підвищує ефективність їх використання.

Ефективним є рядкове удобрення, зокрема, за недостатньої кількості внесення добрив в основне удобрення і на бідних ґрунтах. Для цього використовують суперфосфати, амофос та інші складні добрива.

Підживлення культур переважно проводять азотними добривами. Насамперед це стосується озимих культур, які вийшли із зими, та багаторічних трав, які у травостої мають найменше бобових. Підживлення фосфорними і калійними добривами проводять лише за умови недостатнього їх внесення в основне удобрення. При цьому ефективніше їх внести в ґрунт у міжряддя культур (овочевих, буряку цукрового та ін.).

У сівозмінах на ґрунтах легкого гранулометричного складу значну увагу приділяють посівам бобових культур, особливо люпину, сераделі (на корм, зерно, зелене добриво). Під них вносять достатню кількість фосфорних і калійних добрив, що сприяє поліпшенню фіксації атмосферного азоту.

У зоні дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтів досить ефективним є застосування мікроелементів, зокрема, після

---

---

внесення високих норм мінеральних добрив, проведення вапнування та недостатньої кількості внесення органічних добрив.

В Україні найпоширеніші чорноземні й каштанові ґрунти, особливо в зонах Лісостепу і Степу. Ці зони значно різняться за ґрунтово-кліматичними умовами, спеціалізацією сільськогосподарського виробництва та іншими факторами.

**Зона Лісостепу.** Ґрунти цієї зони, у зв'язку з інтенсивним їх використанням у сільському виробництві, відчувають значний дефіцит у добривах. Тому баланс елементів живлення в ґрунтах Лісостепу характеризується високим дефіцитом, що призводить до зниження їх родючості та погіршення фізико-хімічних властивостей.

Для реалізації потенціалу продуктивності сільськогосподарських культур ґрунти цієї зони потребують середньорічного внесення 200–250 кг/га елементів живлення органічних і мінеральних добрив. У сівозмінах оптимальні норми добрив першочергово вносять під буряк цукровий, соняшник, кукурудзу на зерно і силос, озимі зернові культури. Під ярі зернові, зернобобові і круп'яні культури, які використовують післядiю добрив, внесені під попередник, вносять невисокі норми добрив або застосовують лише рядкове удобрення.

У сівозміні важливо правильно вибрати місце внесення гною. З урахуванням післядiї, у 8–10-пильній сівозміні його вносять два рази за ротацію, а в 4–6-пильній – достатньо внести один раз. Найкраще гній вносити під попередники озимих, безпосередньо під озимі, які висівають після чистого пару, або під буряк цукровий, кукурудзу, овочеві культури та ін. Оптимальну норми внесення гною (30–40 т/га) не слід як перевищувати, так і занижувати. У першому випадку буде удобрено меншу площу, у другому – не вдається досягти рівномірності розподілу гною по поверхні поля, крім того, значно збільшуються витрати його внесення.

---

---

В основне удобрення, з осені, азотних добрив не вносять, за винятком озимих культур після гірших попередників. У цій зоні досить поширене внесення добрив під час передпосівної культивуації, але ефективність його, порівняно з основним, нижча. Підживлення сільськогосподарських культур проводять лише азотними добривами в рекомендованих дозах та в оптимальні для кожної культури строки. Особливо ефективні підживлення озимих культур.

У системі удобрення сільськогосподарських культур на темно-сірих і сірих лісових ґрунтах та чорноземах опідзолених і вилужених один раз за ротацію сівозміни потрібно передбачити проведення вапнування. Найкращим місцем для внесення вапняних матеріалів є буряк цукровий. Для цього можна використовувати відходи цукрового виробництва – дефекат.

Як і в зоні Полісся, так і в зоні Лісостепу досить часто виявляється сильна дія мікродобрив, які містять бор, молібден, мідь, марганець, цинк та ін. Застосовують їх з урахуванням біологічних потреб сільськогосподарських культур і даних агрохімічного обстеження ґрунтів у полях сівозміни.

У зоні *Степу* переважно знаходяться чорноземи і каштанові ґрунти. Ці ґрунти мають нейтральну реакцію, тому не потребують вапнування.

У системі удобрення в степових районах має переважити основне удобрення, яке застосовують під зяблевий обробіток ґрунту. Це забезпечує розміщення добрив у шарі ґрунту з гарантованим зволоженням, що підвищує доступність елементів живлення для рослин.

У степових районах вологозабезпеченість є основним лімітуючим фактором для формування врожаю. Тому заходи, спрямовані на накопичення і збереження вологи, сприяють підвищенню ефективності добрив. У свою чергу, добрива сприяють ефективнішому використанню вологи на створення врожаю. За оптимального удобрення витрати води на створення одиниці сухої речовини рослин знижуються на 15–20 %.



---

---

Потрібно враховувати, що внесені фосфорні та калійні добрива в основне удобрення мають значну післядію на наступних культурах. Іноді їх післядія перевищує ефект прямої дії. Це значно підвищує ефективність добрив, що потрібно враховувати під час розрахунку їх окупності. Оскільки основне удобрення можна вносити один раз у 2–3 роки, особливу увагу потрібно звертати на рядкове удобрення всіх культур.

Підживлення сільськогосподарських культур у цій зоні малоефективне, за винятком зрошуваних земель та озимих культур.

### **5.3. ФАКТОРИ, ЯКІ ВРАХОВУЮТЬ ПІД ЧАС СКЛАДАННЯ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ**

**Біологічні потреби культур в елементах живлення.** На ефективність добрив насамперед впливають біологічні особливості культур, видові особливості їх живлення, які склалися у процесі еволюції. Неоднакову потребу різних культур в елементах живлення в одних і тих самих умовах вирощування пояснюють різним речовинним (білки, жири, клітковина, цукор, крохмаль та ін.) і, відповідно, елементним (азот, фосфор, калій і т. д.) складом товарної (основної) і нетоварної (побічної) продукції, її співвідношенням у господарському врожаї та його рівні.

Для визначення потреби рослин в елементах живлення за вегетацію використовують показники їх виносу з урожаєм. Неоднакову потребу культур в елементах живлення наочно виражають в абсолютних величинах у вигляді біологічного, а найчастіше господарського виносу їх з відповідним урожаєм (кг/га) або у вигляді їх витрат (*відносний винос*) на одиницю товарної та відповідну масу нетоварної продукції (кг/т). Максимальне накопичення елементів живлення рослинами припадає на початок достигання. Пізніше, у зв'язку з обпаданям листя і відтоком поживних речовин у ґрунт, їх стає менше.

---

---

Кількість елементів живлення, які засвоюють рослини для створення біологічної маси врожаю (зерно, солома, пожнивно-кореневі залишки, а також елементи живлення, які переходять у ґрунт з опалим листям, з коренів), називають *біологічним виносом елементів живлення врожаю*. Його поділяють на господарський і залишковий винос.

**Господарський винос** – це частина біологічного виносу елементів живлення з продукцією (із зерном і соломою, коренеплодами і гичкою).

Якщо солома і гичка залишаються на полі, то елементи живлення, які в них містяться, в господарському виносі не враховують.

**Залишкова частина біологічного виносу** – це елементи живлення, які залишаються на полі після збирання врожаю з пожнивно-кореновими залишками, опалим листям, а також ті, які перейшли з кореневої системи рослин у ґрунт.

На залишковий винос припадає значна, а іноді й більша частина біологічного виносу елементів, які були використані рослинами для створення врожаю.

Господарський винос елементів живлення, як уже зазначалося, є лише частиною біологічного і не відображає повної фізіологічної потреби рослин. Проте частина елементів живлення після збирання врожаю залишається в ґрунті (залишковий винос) і стає поступово доступною для наступних культур сівозміни. Тому для характеристики потреби в них рослин використовують величину відносних їх витрат на одиницю товарної (на 1 т) з урахуванням відповідної маси нетоварної частини врожаю (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Нормативи виносу елементів живлення  
сільськогосподарськими культурами з ґрунту**

Культура і продукція	Винос елементів живлення з 1 т продукції, кг									Відношення нетоварної продукції до товарної
	товарної			нетоварної			товарної та відповідної маси нетоварної			
	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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пшениця озима	22,7	8,0	5,5	5,7	1,9	10,7	32,4	11,2	23,7	1,7
Жито озиме	16,4	7,3	5,2	6,2	1,9	12,7	27,5	10,8	28,1	1,8
Ячмінь озимий	17,0	8,3	4,9	6,0	2,0	13,6	24,7	10,9	22,6	1,3
Ячмінь ярий	15,2	7,4	4,6	5,2	1,7	14,2	21,5	9,4	21,8	1,2
Кукурудза	14,7	6,5	4,4	7,0	2,4	15,1	23,4	9,5	23,0	1,2
Кукурудза (за зрошення)	14,3	5,7	4,4	7,1	3,1	14,2	23,0	9,5	21,7	1,2
Просо	19,4	4,9	4,1	9,1	2,0	25,9	33,9	8,1	45,5	1,5
Гречка	17,7	5,9	7,1	9,7	4,1	16,4	36,1	13,7	38,3	1,9
Рис	10,5	6,4	4,6	6,0	2,5	14,7	17,3	9,2	21,2	1,13
Горох	33,4	8,4	13,0	10,0	2,5	13,6	44,4	13,2	28,0	1,1
Люпин	59,6	15,4	13,0	9,9	1,8	12,4	84,3	19,9	44,0	2,5
Буряк цукровий	2,04	0,70	2,22	3,32	0,81	4,28	4,30	1,25	5,13	0,68
Соняшник	26,0	11,7	9,6	11,1	4,8	37,5	50,5	22,4	92,2	2,2
Ріпак	33,2	10,9	6,7	10,5	2,32	21,7	71,0	15,7	84,8	3,6
Картопля	3,4	1,2	5,3	3,1	0,9	5,5	5,1	2,0	8,5	0,55
Капуста білоголова	1,95	0,56	1,87	3,16	0,88	2,40	3,53	1,05	3,07	0,5
Огірок (за зрошення)	1,57	0,71	2,10	3,64	1,64	4,51	3,53	1,60	4,54	0,54

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Помідор (за зрошення)	1,60	0,52	2,50	4,26	0,97	3,13	2,49	0,72	3,16	0,21
Баклажан (за зрошення)	1,57	0,60	2,59	4,07	0,94	4,95	4,70	1,32	5,40	0,77
Люцерна (сіно)	26,0	6,0	15,0	–	–	–	–	–	–	–
Кукурудза на силос	3,15	1,14	4,23	–	–	–	–	–	–	–
Однорічні трави (сіно)	20,0	6,0	20,7	–	–	–	–	–	–	–
Морква столова	1,44	0,85	2,67	3,29	0,99	3,92	2,85	1,28	4,36	0,43
Буряк столовий	3,64	0,76	2,31	3,29	0,78	4,84	5,01	1,60	7,41	0,58
Часник	7,96	3,43	4,06	3,30	0,96	4,27	10,01	4,08	6,96	0,68
Горошок зелений	7,03	1,81	2,01	5,53	1,62	7,34	12,01	3,27	8,62	0,9
Перець солодкий	1,83	1,93	2,16	5,22	1,49	7,12	6,42	2,24	8,42	0,88
Кавун (за зрошення)	2,02	0,60	2,20	5,57	0,93	4,73	6,36	1,32	5,89	0,78
Дині	1,12	0,58	2,95	–	–	–	–	–	–	–
Буряк кормовий	2,12	0,55	3,18	4,63	0,94	4,08	3,67	0,86	4,56	0,34
Буряк кормовий (за зрошення)	2,13	0,55	4,35	3,19	0,56	3,98	3,59	0,88	6,70	0,59
Морква кормова	2,21	0,90	4,54	3,57	0,97	5,50	3,28	1,19	6,19	0,3
Конюшина з тимофіївкою (сіно)	20,0	8,0	15,0	–	–	–	–	–	–	–
Конюшина (сіно)	30,0	6,5	15,0	–	–	–	–	–	–	–
Горохово- вівсяна суміш (зелена маса)	4,0	1,5	4,0	–	–	–	–	–	–	–
Кукурудза (зелена маса)	4,0	1,5	5,0	–	–	–	–	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Капуста цвітня	–	–	–	–	–	–	9,0	3,5	12,0	–
Капуста брюссельська	–	–	–	–	–	–	20,0	7,0	25,0	–
Капуста броколі	–	–	–	–	–	–	18,0	5,0	20,0	–
Селера	–	–	–	–	–	–	5,0	2,0	10,0	–
Редиска	–	–	–	–	–	–	5,0	2,5	5,0	–
Петрушка	4,0	2,0	5,0	–	–	–	–	–	–	–
Цибуля ріпчаста	–	–	–	–	–	–	8,0	3,0	6,0	–
Квасоля	–	–	–	–	–	–	13,0	4,0	10,0	–
Спаржа (пагони)	25,0	8,0	22,0	–	–	–	–	–	–	–
Шпинат (листки)	4,8	1,6	5,2	–	–	–	–	–	–	–
Салат головчас- тий (головки)	–	–	–	–	–	–	3,0	1,8	5,0	–
Сунія	11,0	4,0	17,0	–	–	–	–	–	–	–
Агрус	3,5	1,5	4,5	–	–	–	–	–	–	–
Смородина	5,5	1,7	5,5	–	–	–	–	–	–	–
Малина	1,3	4,0	5,0	–	–	–	–	–	–	–
Виноград	4,7	2,3	7,5	–	–	–	–	–	–	–
Яблуна	2,5	0,7	3,5	–	–	–	–	–	–	–
Груша	2,5	0,7	2,7	–	–	–	–	–	–	–
Слива	5,0	0,8	4,0	–	–	–	–	–	–	–
Абрикос	7,0	2,5	8,0	–	–	–	–	–	–	–
Вишня	6,5	2,5	10,0	–	–	–	–	–	–	–
Персик	6,5	1,5	6,5	–	–	–	–	–	–	–

За сприятливих ґрунтово-кліматичних умов при високому рівні технології вирощування досягається більш економне використання елементів живлення на формування одиниці товарного врожаю.

У разі залишення нетоварної частини врожаю на полі у вигляді органічних добрив для проведення балансових розрахун-

---

---

ків використовується показник витрат елементів живлення на одиницю товарної продукції.

Для формування врожаю рослини використовують елементи живлення з ґрунту і внесених добрив. Частку засвоєння елементів із цих джерел прийнято виражати коефіцієнтами.

Кількість елементів живлення в орному шарі (0–30 см) визначають, помноживши його вміст за картограмою (мг/кг ґрунту) на коефіцієнт для перерахунку (останній з урахуванням щільності ґрунту і його маси на 1 га дорівнює 3). Наприклад, якщо за картограмою вміст рухомих сполук фосфору становить 100 мг в 1 кг ґрунту, то запаси його в орному шарі будуть становити 300 кг/га ( $100 \cdot 3$ ).

Частку засвоєння із запасів ґрунту елемента живлення рослинами виражають коефіцієнтом (у відсотках або десятковим дробом), який розраховують за такою формулою:

$$Kr = a : b \cdot 100,$$

де **a** – кількість елемента живлення, винесеного врожаєм з неудобреного ґрунту, кг/га;

**b** – вміст рухомих сполук елемента живлення в орному шарі ґрунту, кг/га.

Коефіцієнт використання елементів живлення з ґрунту змінюється залежно від біологічних особливостей культур, рівня їх урожайності та ін. Чим вищий вміст елементів живлення в ґрунті в доступній формі, тим нижчий коефіцієнт їх засвоєння рослинами. Проте він підвищується (в 1,5–2 рази) в умовах зрошення, після вапнування та внесення добрив. Коефіцієнт враховує засвоєння елементів живлення лише з орного шару ґрунту, тоді як рослини засвоюють їх і з глибших шарів. Усе це ускладнює використання коефіцієнтів для розрахунку норм добрив.

Середні значення коефіцієнтів використання рослинами елементів живлення з ґрунту наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

**Коефіцієнти використання сільськогосподарськими  
культурами елементів живлення з ґрунту за різного  
вмісту їх рухомих сполук, %**

Культура	Вміст елементів живлення, мг/кг ґрунту								
	N <sub>легкогідр.</sub>			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O		
	до 50	50– 100	100– 150	до 50	50– 100	100– 150	до 50	50– 100	100– 150
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i><b>Чорноземи і сірі опідзолені ґрунти</b></i>									
Пшениця озима	34	25	23	11	9	5	17	13	12
Жито озиме	20	16	13	7	6	5	11	10	10
Ярі зернові та кукурудза на силос	25	19	17	10	9	7	20	16	14
Гречка	16	12	11	7	6	5	19	16	14
Кукурудза на зерно	35	26	24	12	9	8	31	23	19
Буряк цукровий	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
Помідор	34	25	19	6	5	4	38	34	27
Огірок	18	17	15	10	9	8	27	21	17
<i><b>Дерново-підзолисті ґрунти</b></i>									
Пшениця озима	32	24	23	10	8	8	14	12	11
Ярі зернові та кукурудза на силос	23	18	16	9	6	5	17	14	12
Гречка	10	8	8	6	6	5	10	10	10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	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
зелена маса	50	34	30	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 та каштанові ґрунти</i>									
Пшениця озима	32	25	22	11	9	9	16	12	11
яра	23	21	20	6	6	5	10	8	7
Ярі зернові та кукурудза на силос	25	20	18	10	8	7	20	17	15
Гречка	14	12	10	7	6	5	20	15	13
Кукурудза на зерно	34	25	21	12	9	7	33	23	19
Буряк	31	28	27	10	8	9	33	30	30
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

Використання рослинами азоту з ґрунту залежить від вмісту в ньому гумусу та рівня його мінералізації. Вважають, що в розрахунку на 1 % гумусу в ґрунті сільськогосподарські культури у середньому засвоюють 20–25 кг азоту з 1 га, тобто за вмісту гумусу 3 % може бути засвоєно 60–75 кг/га азоту.

Коефіцієнти використання елементів живлення з добрив варіюють у менших межах, ніж коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту (табл. 5.3).



Таблиця 5.3

**Коефіцієнти використання елементів живлення  
сільськогосподарськими культурами з гною і  
мінеральних добрив, %**

Добрива	Рік використання	Культури	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Органічні (гній, компости)	Перший	Зернові	20–30	25–35	50–60
		Просапні, овочеві	30–40	35–45	60–70
	Другий	Усі культури	12–15	15	25
Мінеральні	Перший	Зернові	40–60	18–20	40–60
		Просапні	50–65	18–22	40–55
		Овочеві	50–70	20–25	60–70
	Другий	Усі культури	10	15	10

Для визначення загальних норм і співвідношення добрив, розрахунку балансу елементів живлення в сівозміні потрібно мати дані про витрати елементів живлення на одиницю товарної з урахуванням відповідної нетоварної продукції. Для раціонального розподілу норм на основне і припосівне удобрення та для підживлення потрібно мати дані про динаміку засвоєння окремих елементів за вегетацію. Такі дані є в довідниках і рекомендаціях науково-дослідних установ, або в агротехнічній характеристиці сортів сільськогосподарських культур.

**Грунтові умови.** Грунти утворилися під впливом факторів, які діяли з різною інтенсивністю. Тому властивості ґрунтів значно впливають на ефективність добрив. Максимальні прирости врожаю від їх застосування досягають на малородючих (бідних) ґрунтах. З підвищенням родючості та окультуреності ґрунтів ефективність добрив, зазвичай, знижується. Для певних типів і підтипів ґрунтів це зниження можна показати таким рядом: дерново-підзолисті, сірі- і темно-сірі лісові ґрунти, чорноземи опідзолені та вилужені, чорноземи звичайні та південні, каштанові ґрунти.

---

---

У межах кожного підтипу ґрунту ефективність добрив залежить від його гранулометричного складу. Так, на ґрунтах легкого гранулометричного складу спостерігається більший відносний приріст (відсоток до контролю) урожаю культур. Проте абсолютні прирости врожаю (у т/га) на більш родючих ґрунтах вищі, ніж на менш родючих.

Значення певних видів добрив у формуванні врожаю також залежить від властивостей ґрунтів. Азотні добрива найефективніше використовувати на дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтах, чорноземах опідзолених і вилужених та в умовах зрошення. З поліпшенням вологозабезпеченості ефективність добрив зростає на всіх відмінах ґрунтів.

Фосфорні добрива найефективніше застосовувати в умовах недостатнього зволоження на чорноземах звичайних і південних та на каштанових ґрунтах, а також на слабоокультурених ґрунтах інших підтипів.

Калійні добрива найкраще діють на торф'яних, потім на дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах. На інших типах ґрунтів (каштанових і чорноземах) ефективність їх значно нижча, а іноді відсутня.

На ґрунтах легкого гранулометричного складу ефективніші азотні, калійні та мікродобрива, а на важких – фосфорні добрива (це пов'язано із закріпленням фосфору у важкодоступні сполуки).

Ефективність усіх видів добрив під усі культури зростає після нейтралізації кислих і лужних ґрунтів та досягає максимуму за оптимальної для вирощування культур реакції середовища. Тому хімічна меліорація (вапнування і гіпсування) має передувати застосуванню добрив.

З підвищенням забезпеченості будь-якого типу, підтипу або відміни ґрунту рухомими сполуками елементів живлення ефективність кожного виду добрив знижується. При досягненні високого і дуже високого їх вмісту в ґрунті добрива перестають

---

---

діяти. Тому їх вносять лише з метою покриття виносу елементів живлення з урожаєм.

**Кліматичні і погодні умови** (освітлення, температура і вологість ґрунту й повітря) в загальному комплексі факторів, які визначають ефективність добрив, часто мають вирішальне значення. Зміна погодних умов на 25–60 % впливає на ефективність добрив на дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах та на 35–70 % на чорноземах.

Світло діє на живлення рослин не лише завдяки фотосинтезу, а й транспірації, яка зумовлює переміщення елементів живлення і визначається сонячною радіацією, вологістю й температурою повітря.

Ефективність добрив залежить не лише від кількості, а й від рівномірності випадання опадів у період вегетації культур. На суглинистих ґрунтах у роки з нестачею або надлишком опадів вона знижується, при чому в першому випадку істотніше. На ґрунтах легкого гранулометричного складу за надлишку вологи може спостерігатися зниження врожаю зернових культур унаслідок вилягання посівів.

**Агротехнічні умови.** Строки, способи та глибина загортання добрив і меліорантів, обробіток ґрунту, боротьба зі шкідниками, хворобами й бур'янами, видовий і сортовий склад та чергування культур у сівозміні – ці та інші агротехнічні фактори значно впливають на водний, температурний і поживний режим ґрунту, а, відповідно, і на ефективність добрив.

Обробіток ґрунту різними знаряддями на різну глибину сприяє різному розподілу добрив по профілю орного шару ґрунту. За локального внесення добрив повніше використовуються їх елементи живлення, знижуються втрати, що дає змогу знизити їх норми на 25–30 % порівняно з розкидним внесенням.

**Прийоми внесення добрив.** Основне завдання технології внесення добрив — забезпечити для рослин оптимальні умови живлення впродовж усієї вегетації. При цьому розрізняють три

---

---

прийоми внесення добрив: основне (допосівне, передпосівне), припосівне (рядкове) і для підживлення (післяпосівне).

При виборі прийому внесення добрив важливо враховувати потребу культур в елементах живлення по фазах росту й розвитку та можливість розміщення їх у зоні найбільшої доступності для кореневих систем рослин. На вибір прийому внесення добрив значно впливають властивості самих добрив, їх взаємодія з ґрунтом і рухомість у ґрунтовому розчині, наявність у добривах баластних речовин та відношення до них сільськогосподарських культур.

**Баланс елементів живлення і гумусу в ґрунті.** Завдання агрохімії полягає в тому, щоб оцінити спрямованість колообігу біогенних елементів і ступінь інтенсивності антропогенної дії на систему ґрунт – рослина за балансом елементів живлення в агроценозі.

**Баланс елементів живлення** – це прогнозований показник продуктивності культур, родючості ґрунту і ступінь відповідності до кількості внесених добрив і винесених з урожаєм елементів живлення та одночасно показник хімічного навантаження на ґрунт, рослини і довкілля.

Баланс елементів живлення в ґрунті оцінюють за різницею між сумарною їх кількістю, яка в нього надходить, і відчужується з нього. Він відображає ступінь інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та є основою для планування і прогнозування застосування добрив, дає змогу цілеспрямовано регулювати родючість ґрунту, запобігати забрудненню тими чи іншими елементами довкілля.

Теоретично рівень застосування добрив за оптимального рівня родючості ґрунту має бути таким, що повністю компенсує відчуження елементів живлення, які виносяться з урожаєм і втрачаються внаслідок вимивання, ерозії та з інших причин, тобто баланс цих елементів має бути нульовим.

**Баланс елементів живлення** – це кількісний вираз вмісту елементів живлення в ґрунті на певній площі або об'єкті досліджень (полі, сівозміні, господарстві, районі, області і т. д.) з урахуванням усіх статей їх надходження (внесені добрива, різні природні джерела) і витрат (винос з урожаєм, непродуктивні втрати – змивання, вимивання і т. д.) упродовж певного часу.

Розрізняють біологічний, господарський і внутрішньо-господарський баланси.

*Біологічний баланс* (повний або екологічний) найповніше охоплює всі статті надходження елементів живлення, які задіяні в колообігу. Зазвичай, його розраховують лише в теоретичних дослідженнях. При цьому в частині надходження враховують такі джерела:

- 1) мінеральні добрива;
- 2) органічні добрива;
- 3) меліоранти;
- 4) елементи живлення з атмосфери, включаючи надходження з опадами;
- 5) насінний матеріал;
- 6) рослинні залишки;
- 7) біологічна фіксація азоту симбіотичними, вільноіснуючими та асоціативними мікроорганізмами.

У витратній частині враховують такі складові:

- 1) на створення товарної і нетоварної частин врожаю;
- 2) рослинних залишків;
- 3) вимивання в ґрунтові води;
- 4) змивання з поверхні ґрунту;
- 5) газоподібні втрати;
- 6) втрати внаслідок ерозії.

З практичною метою використовують дані *господарського балансу* елементів живлення, в якому не враховують рослинних залишків – обпалого листя, кореневих і післязбиральних залишків рослин. Його складають для оцінки системи застосу-

---

---

вання добрив за ступенем забезпеченості запланованих урожаїв елементами живлення.

Розміри й співвідношення статей надходження і витрат елементів живлення у балансі значно змінюються залежно від природних і господарських умов, тобто від забезпеченості добривами, врожайності культур, рівня родючості ґрунту. Для спрощення розрахунків іноді можна скоротити кількість співставних і рівних статей як у частині надходження, так і у частині відчуження. Наприклад, кількість азоту, яка знаходиться у ґрунті з атмосферними опадами, насінням і за рахунок вільноіснуючих мікроорганізмів часто відповідає сумарним втратам його від вимивання, ерозії і звітрювання. Сумарна кількість фосфору, калію та інших елементів живлення, що надходить з атмосфери та із насінням, також може відповідати їх втратам від ерозії і вимивання. У зв'язку з такими спрощеннями у прихідній частині балансу в кінцевому результаті можуть залишатися лише статті внесення з добривами і меліорантами (для азоту – ще й симбіотична азотфіксація), а у витратну – засвоєння рослинами (господарський винос). Це значно спрощує балансові розрахунки, тому їх легко можна провести для виробничих посівів, сівозміни тощо.

**Внутрішньогосподарський баланс** враховує відчуження елементів живлення з території господарства із товарною продукцією рослинництва і тваринництва та надходження їх з добривами, кормом для худоби, які завозять у господарство. На цей баланс істотно впливає спеціалізація господарства. Так, з господарств зернового напрямку відчужується приблизно 70 % азоту, 85 – фосфору і 25 % калію від винесеного з урожаєм. У господарствах, які виробляють продукцію тваринництва і використовують власні корми, з органічними добривами у ґрунт може повертатися до 50 % азоту, 60–70 – фосфору і до 90 % калію.

Для характеристики балансу використовують різні показники: коефіцієнт повернення; інтенсивність і ємність та виражають в абсолютних величинах (кг/га).

**Абсолютні показники балансу** (кг/га) – різниця між надходженням і відчуженням елемента живлення. Якщо елементів живлення надходить більше, ніж відчужується, баланс зі знаком “плюс” (додатний), а якщо навпаки – зі знаком “мінус” (від’ємний). Якщо ці дві частини балансу рівні, його називають нульовим (бездефіцитним, або зрівноваженим).

Дефіцитний баланс елементів живлення (перевищення витрат елементів живлення над їх надходженням) вказує на те, що відбувається збіднення ґрунту і зниження його родючості.

**Коефіцієнт повернення** – відношення між надходженням і виносом елемента живлення з ґрунту.

**Інтенсивність балансу** – відношення надходження елемента живлення до його відчуження, виражений у відсотках, тобто коефіцієнт повернення помножений на 100. Якщо величина його менш ніж 100 %, то це дефіцитний, 100 – бездефіцитний і понад 100 % – додатний баланс.

За вмістом азоту загальний баланс вважають задовільним, якщо його інтенсивність приблизно становить 100–110 %. Орієнтовні показники інтенсивності балансу на ґрунтах з різним вмістом рухомих сполук елементів живлення наведено в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

**Типові нормативи балансу елементів живлення в сівозмінах на основних ґрунтах, відсоток від виносу врожаєм**

Елемент живлення	Група ґрунту за картограмою фосфору або калію				
	1–2	3	4	5	6
<i>Дерново-підзолисті і сірі лісові ґрунти (райони достатнього зволоження)</i>					
<b>N*</b>	120 – 130	120 – 130	110 – 120	100 – 110	080 – 100
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	200 – 250	150 – 200	110 – 130	100 – 110	70 – 100
<b>K<sub>2</sub>O</b>	120 – 150	90 – 120	70 – 90	50 – 70	40 – 050

1	2	3	4	5	6
<b>Чорноземи типові, вилужені та опідзолені</b> (райони нестійкого зволоження)					
<b>N</b>	110 – 120	100 – 110	90 – 100	90 – 100	90 – 100
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	160 – 180	130 – 160	110 – 130	100 – 110	80 – 100
<b>K<sub>2</sub>O</b>	80 – 100	60 – 80	40 – 60	40 – 60	30 – 40
<b>Чорноземи південні і каштанові ґрунти</b> (райони недостатнього зволоження)					
<b>N</b>	100 – 110	100 – 110	90 – 100	90 – 100	90 – 100
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	100 – 120	90 – 100	80 – 90	70 – 80	60 – 70
<b>K<sub>2</sub>O</b>	40 – 50	30 – 40	30 – 40	20 – 30	20 – 30
<b>Чорноземи південні і каштанові ґрунти (при зрошенні)</b>					
<b>N</b>	100 – 110	100 – 110	90 – 100	90 – 100	90 – 100
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	160 – 170	150 – 160	130 – 150	100 – 110	80 – 100
<b>K<sub>2</sub>O</b>	60 – 80	60 – 80	40 – 60	40 – 60	30 – 40

*Примітка.* \* Залежно від вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті

**Баланс гумусу в ґрунті.** Слід зазначити, що поряд з поверненням елементів живлення в ґрунті має відновлюватися вміст органічних речовин. Тому органічні добрива є не лише важливим джерелом елементів живлення для рослин, але і джерелом гумусу в ґрунті. Органічні речовини ґрунту регулюють витрачення елементів живлення, запобігають непродуктивним їх втратам від вимивання, утворення газоподібних продуктів, підвищують ефективність мінеральних добрив. Тому проблема бездефіцитного і додатного балансу гумусу в агрохімії – одна з найважливіших.

Гумус із ґрунту втрачається внаслідок таких основних причин:

- 1) зменшення надходження рослинних залишків;
- 2) посилення мінералізації гумусу унаслідок підвищення аерації за інтенсивного механічного обробітку ґрунту;
- 3) розкладання гумусу під впливом фізіологічно кислих добрив та активації мікрофлори за рахунок внесених добрив;
- 4) посилення мінералізації після осушення;



---

---

5) посилення мінералізації зрошуваних ґрунтів у перші роки зрошення (в наступні вміст гумусу стабілізується і навіть може підвищуватися);

6) ерозія ґрунту.

Під природною рослинністю вміст і запаси гумусу залишаються незмінними. Розорювання земель без внесення органічних добрив знижує його вміст. Тому інтенсивне ведення землеробства має передбачати бездефіцитний баланс гумусу.

Основними заходами для компенсації мінералізованого гумусу в ґрунті є:

1) застосування органічних добрив та раціональне поєднання їх з мінеральними туками;

2) вирощування сидератів;

3) сівба у сівозмінах бобових і бобово-злакових травосумішей;

4) залишення нетоварної частини врожаю на добрива;

5) використання на добрива різних відходів органічного походження.

Раціональне застосування органічних добрив – важлива складова системи удобрення.

Вважають, що середньорічна мінералізація гумусу становить, т/га: під зерновими культурами – 0,5–1,0; просапними – 1,5–2,5; під чистим паром – 2,5–3,5. Найпростіший спосіб для визначення витрат гумусу з ґрунту на створення врожаю – за кількістю використаного рослинами азоту. Наприклад, на створення врожаю рослини використали 150 кг азоту. У гумусі вміст азоту становить приблизно 5 %, отже, було мінералізованого 3 т/га гумусу.

Щорічне поповнення гумусу за рахунок кореневих і післязжнивних залишків у середньому становить, т/га: зернових культур – 0,4–0,6; просапних – 0,2–0,3; багаторічних трав – 0,5–1,0.

Для визначення загального обсягу накопичення органічних добрив у господарстві застосовують такі коефіцієнти для переведу їх на стандартний гній: гній підстилковий – 1,0; гній

---

---

безпідстилковий (10 % сухої речовини) – 0,25; компости торфогноєві (1 : 1) – 1,0; солома – 2,2; птишиний послід – 1,4; сапропель – 0,25; фекалії – 0,25.

Для підтримання бездефіцитного балансу гумусу на різних типах ґрунтів необхідна така насиченість сівозмін органічними добривами у перерахунку на підстилковий гній, т/га: на дерново-підзолистих середньо- і важкосуглинкових 10–12; супіщана – 12–15; чорноземах: типових і звичайних у сівозмінах без трав 6–8, з травами (20 %) – 4–5, вищезазначених – 7–12, карбонатних – 5–10; каштанових ґрунтах – 4–5. У сівозмінах без багаторічних бобових трав ці норми гною потрібно збільшити на 20–30 %. Важливим джерелом органічних речовин для ґрунту є залишена на добриво солома. Коефіцієнт її гуміфікації в 1,5 рази менший, ніж у гною.

Добрива підвищують урожай сільськогосподарських культур, що сприяє збільшенню кількості кореневих і поживних залишків, а відповідно повернення органічних речовин у ґрунт.

## 5.4. ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ ДОБРИВ

Агрохімічною наукою розроблено більше півсотні методів для встановлення норм добрив. Розглянемо лише деякі з них, які найбільше поширені в практиці землеробства і мають науковий інтерес з погляду подальших досліджень і удосконалення:

*за результатами польових дослідів* із застосуванням поправкових коефіцієнтів на агрохімічні властивості ґрунту та з урахуванням інших факторів, які визначають ефективність добрив;

*балансові методи* – на основі даних виносу елементів живлення врожаєм і коефіцієнтів їх використання з ґрунту і добрив;

*нормативні методи* – за нормативами витрат добрив на одиницю врожаю або на приріст урожаю;

*за бальною оцінкою ґрунту* – на основі бальної оцінки природної родючості ґрунту та окупності добрив;

*математичні* – на основі виробничих функцій у системі ґрунт – рослина – добрива;

*цілеспрямованого регулювання родючості ґрунту.*

**Визначення норм добрив за результатами польових дослідів.** Польовими дослідями з різними культурами, які проводили і продовжують проводити в науково-дослідних установах, у різних ґрунтово-кліматичних зонах, дало змогу встановити пріоритетну ефективність деяких видів добрив на різних типах ґрунтів (азотних – на нечорноземних ґрунтах, фосфорних – на чорноземах і каштанових ґрунтах, калійних – на торф'яниках і т. д.) та норми органічних і мінеральних добрив для основних культур (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

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

Культура	Зона	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Пшениця озима	Полісся	90	90	90
	Лісостеп	100	80	70
	Степ	90	60	50
Кукурудза	Полісся	90	90	90
	Лісостеп	120	90	80
	Степ	90	80	60
Буряк цукровий	Полісся	150	140	170
	Лісостеп	140	140	150
	Степ	120	120	100
Картопля	Полісся	100	90	120
	Лісостеп	90	80	80
	Степ	80	70	70
Силосні культури	Полісся	140	130	150
	Лісостеп	130	130	140
	Степ	120	110	100

Вони є основою для застосування добрив у виробництві. Регіональні науково-дослідні установи рекомендують більш детальні рекомендації для різних культур і відмін ґрунтів, нерідко із зазначенням запланованого рівня врожаю, рівня забезпеченості рослин рухомими сполуками основних елементів живлення у поєднанні з рекомендованими нормами органічних добрив (табл. 5.6).

Таблиця 5.6

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

Культура	Запланований врожай, т/га	Добрива		Норма, кг/га д. р.				
		органічні, т/га	мінеральні	рівень забезпеченості				
				дуже низький	низький	середній	підвищений	високий
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Буряк цукровий	30–35	40–45	N	190	180	160	110	90
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	140	130	120	90	70
			K <sub>2</sub> O	200	190	180	120	100
Буряк кормовий	50–60	40–45	N	160	140	120	90	60
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	140	130	110	70	40
			K <sub>2</sub> O	180	160	150	110	90
Пшениця озима	3,5–4,0	–	N	–	100	70	45	у рядки по 10
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	90	60	35	
			K <sub>2</sub> O	–	90	70	45	
Жито озиме	3,5–4,0	–	N	65	60	40	30	Те саме
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	50	45	35	25	
			K <sub>2</sub> O	60	60	50	40	
Картопля	20	35–40	N	90	80	60	45	20–30
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	75	60	50	45	15–30
			K <sub>2</sub> O	100	90	80	65	25–45
Кукурудза на зерно	3,5–4,0	–	N	–	100	90	80	50
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	95	60	60	45
			K <sub>2</sub> O	–	100	80	60	45

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ячмінь ярий	3,5–4,0	–	N	–	50	40	30	у рядки по 10
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	50	40	30	
			K <sub>2</sub> O	–	75	60	45	
Кукурудза на силос	35–40	30–45	N	130	120	110	90	60
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	110	90	75	60	45
			K <sub>2</sub> O	110	90	75	60	45
Льон- волокно	1,0–1,1	–	N	45	40	30	25	–
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	80	60	60	30
			K <sub>2</sub> O	120	120	90	80	50
Сінокоси	3,5–4,0	–	N	90	75	60	45	–
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	75	60	45	–
			K <sub>2</sub> O	90	75	60	45	–
Пасовища	20–25	–	N	130	120	90	65	–
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	75	60	45	–
			K <sub>2</sub> O	90	75	60	45	–
Однорічні трави	4,0–4,5	–	N	100	80	70	50	–
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	90	75	60	45	–
			K <sub>2</sub> O	90	75	60	45	–
Багаторічн і трави	6–7	–	N	70	60	50	30	–
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	80	70	60	45	–
			K <sub>2</sub> O	90	80	70	50	–

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

$$K = 2 - \frac{B}{B_{\text{сеп}}},$$

де **K** – поправковий коефіцієнт;

**B** – вміст рухомих сполук елемента живлення (азоту, фосфору, калію), мг/кг ґрунту;

**B<sub>сеп</sub>** – середній вміст рухомих сполук елемента живлення, мг/кг ґрунту (табл. 5.7).

Таблиця 5.7

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

Елемент живлення	Метод визначення	Для зернових і кормових культур	Для технічних і овочевих культур
<b>N</b>	Тюріна- Кононової	45	70
	Корнфілда	175	200
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	Кирсанова	75	100
	Чирикова	75	100
	Мачигіна	23	30
<b>K<sub>2</sub>O</b>	Кирсанова	100	120
	Чирикова	100	120
	Мачигіна	100	200
	Маслової	125	200

Коригування норм добрив проводять також на основі агрохімічних картограм ґрунту, в яких зазначено забезпеченість рослин елементами живлення на кожному полі (або його частині). Вона може бути дуже низькою, низькою, середньою, підвищеною, високою і дуже високою. Для уточнення рекомендованих норм добрив їх множать на відповідний поправковий коефіцієнт (табл. 5.8), який розраховано для ґрунтів із середніми показниками потенційної родючості.

При цьому норму азотних добрив коригують використовуючи картограму забезпеченості рослин фосфором, оскільки він найчастіше знаходиться у мінімумі, а норми фосфорних і калійних – коригують відповідно до даних картограм забезпеченості рослин фосфором і калієм на певному ґрунті. Оптимальні показники норм добрив, отримані у польовому досліді, коригують з агрохімічними групами ґрунту конкретного поля. Якщо агрохімічна група ґрунту поля за вмістом рухомих сполук фосфору або калію відрізняється від групи ґрунтів у досліді за цим показником на 1 або 2 групи, то норму фосфору або

калію змінюють на  $\pm 25$  і  $50$  %, а норму азоту – на  $\pm 10$  і  $20$  %. При цьому рівень урожаю потрібно привести у відповідність з виробничими умовами, оскільки ефективність добрив на малих ділянках у досліді у середньому на  $20$ – $30$  % вища, ніж на великих площах у виробничих умовах, а під картоплю – на  $50$  %.

Таблиця 5.8

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

Ступінь забезпеченості рослин	Зернові культури	Зернобобові і багаторічні трави	Просапні культури	Овочеві культури
<i>Для азотних добрив</i>				
Дуже низький	1,3–1,5	0,6	1,3–1,5	1,3
Низький	1,2	0,5	1,2	1,1
Середній	1,0	0,4	1,0	1,0
Підвищений	0,7	0,2	0,7	0,9
Високий	0,5	–	0,5	0,8
Дуже високий	–	–	–	–
<i>Для фосфорних добрив</i>				
Дуже низький	1,3–1,5	1,3–1,5	1,3–1,5	1,3–1,5
Низький	1,0	1,0	1,3	1,3
Середній	1,0	0,7–0,9	1,0	1,2
Підвищений	0,7	0,5–0,6	0,5–0,7	1,0
Високий	0,6	–	0,6	0,6–0,8
Дуже високий	–	–	–	0,6
<i>Для калійних добрив</i>				
Дуже низький	1,3–1,5	1,3–1,5	1,3–1,5	1,3–1,5
Низький	1,1	1,3	1,3	1,2
Середній	0,9	1,0	0,8	1,0
Підвищений	0,5–0,6	0,7–0,8	0,6–0,7	0,9–1,0
Високий	0,5	0,5–0,6	0,6	0,6–0,8
Дуже високий	–	–	–	0,4–0,6

---

---

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

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

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

$$H = \frac{100 \times Y \times B - C \times K_r}{K_d},$$

де  $H$  – пошукова норма  $N$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , кг/га;

$Y$  – запланована врожайність, т/га;

$B$  – винос елемента живлення 1 т продукції, кг;

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

$K_r$  – коефіцієнт використання елемента живлення з ґрунту, %;

$K_d$  – коефіцієнт використання елемента живлення з добрив, %.

Для використання цього методу потрібно знати:

- 1) винос елементів живлення з урожаєм культури;
- 2) вміст рухомих сполук елементів живлення в ґрунті;
- 3) коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту і добрив;
- 4) масу орного шару ґрунту, для якого проводять розрахунок вмісту в ґрунті рухомих сполук елемента живлення.

Орієнтовні коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту і добрив наведено в табл. 5.2 і 5.3.

Агрохімічні показники картограм вмісту в ґрунті рухомих сполук азоту, фосфору і калію (в мг/кг ґрунту) переводять у



кілограми на 1 га, перемножуючи на коефіцієнт, який відповідає різновиду ґрунту і глибині розрахункового шару. Якщо для розрахунку беруть шар 0–30 см, де розміщена основна кількість коренів, його маса на 1 га становить 3000 т, то застосовують коефіцієнт 3. Точніше цей коефіцієнт для ґрунту на певному полі можна уточнити у найближчій науково-дослідній установі. Приклад такого балансового розрахунку норм добрив наведено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9

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

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

Вважають, що зернові культури з ґрунту можуть використовувати 50–80 % N, 10–15 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і 20–30 % K<sub>2</sub>O, просапні та овочеві – відповідно 70–90, 15–20 і 30–40 %. Цей балансовий метод застосовують у різних модифікаціях, але суть їх не змінюється – визначають потребу запланованого врожаю в елементах живлення, наявність їх у ґрунті та можливе засвоєння

рослинами з ґрунту і добрив. Об'єктивність цього методу залежить від точності перерахованих даних. Залежно від властивостей ґрунту, сортів рослин, умов погоди, норм і форм добрив, строків і способів їх внесення та інших факторів вони можуть істотно змінюватися.

Інший *метод балансових розрахунків* потреби в добривах враховує лише *запланований приріст урожаю*. Для проведення таких розрахунків потрібно знати врожайність культури, яку забезпечує на певному полі природна родючість ґрунту (табл. 5.10).

Таблиця 5.10

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

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

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

**Визначення норм добрив за нормативами витрат елементів живлення на одиницю врожаю і на одиницю приросту врожаю.** Цей метод є одним з найточніших, оскільки належить

до прямих. Його основою є результати польових дослідів з добривами, проведеними науково-дослідними установами України (табл. 5.11).

Таблиця 5.11

**Нормативи витрат елементів живлення добрив на  
формування врожаю і приросту врожаю**

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

Під час використання нормативів витрат добрив на одиницю врожаю норму азоту, фосфору і калію розраховують окремо для кожного елемента за формулою

$$H = Y \cdot V_1 \cdot K,$$

---

---

де **Н** – норма азоту, фосфору і калію для вирощування планової врожайності, кг/га;

**У** – планова врожайність культури, т/га;

**В<sub>1</sub>** – нормативні витрати елементів живлення (азоту, фосфору, калію) для вирощування одиниці врожаю, кг/т;

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

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

$$Д = У_{п} \cdot В_2 \cdot К,$$

де **У<sub>п</sub>** – плановий приріст урожайності за рахунок добрив, т/га;

**В<sub>2</sub>** – нормативні витрати елементів живлення на одиницю приросту врожайності, кг/т.

*Визначення норм добрив за бальною оцінкою ґрунту* проводять за такою формулою:

$$Н = \frac{У - (Б + Н_o \times O_o)}{O_m},$$

**Н** – норма елементів живлення (**N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O**) для вирощування запланованої врожайності, ц/га;

**У** – запланована врожайність, т/га;

**Б** – урожайність за рахунок природної родючості (ціна бала, помножена на оцінку ґрунту в балах для певної культури), т/га;

**Н<sub>o</sub>** – запланована норма внесення органічних добрив, т/га;

**О<sub>o</sub>** – окупність 1 т органічних добрив приростом урожайності, т/га;

**О<sub>м</sub>** – окупність 1 ц діючої речовини (**N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O**) мінеральних добрив приростом урожайності, т/га (табл. 5.12).

Таблиця 5.12

**Ціна бала ґрунту та окупність добрив**

Культура	Ціна бала, кг основної продукції	Окупність, кг основної продукції	
		1 т органічних добрив	1 кг NPK мінеральних добрив
Пшениця озима	46	25	4,8
Ячмінь	41	21	4,7
Кукурудза на зерно	57	21	3,7
на силос	437	210	29,9
Буряк цукровий	400	150	22,5
Соняшник	20	–	1,9
Кормові коренеплоди	640	210	55,6
Овочі в середньому	163	360	48,3

**Приклад.** Заплановано виростити 6,0 т/га пшениці озимої. Оцінка ґрунту на полі за пшеницею озимою – 81 бал; ціна одного бала – 0,046 т/га зерна; внесено гною – 30 т/га; окупність 1 т гною зерном пшениці озимої – 0,025 т/га; окупність 1 ц мінеральних добрив зерном пшениці озимої – 0,48 т/га.

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

$$H = \frac{6,0 - (81 \times 0,046 + 0,025)}{0,48}.$$

Оптимальне співвідношення  $N : P_2O_5 : K_2O$  в добриві для пшениці озимої відповідно становить 1,0 : 0,9 : 0,8 (табл. 5.13).

Таблиця 5.13

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

Культура	Співвідношення N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O	Культура	Співвідношення N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O
Пшениця озима	1 : 0,9 : 0,8	Бурак цукровий	1 : 0,8 : 1,1
Жито озиме	1 : 1,0 : 0,9	Картопля	1 : 0,7 : 1,3
Овес	1 : 1,0 : 0,9	Морква	1 : 0,8 : 1,4
Ячмінь	1 : 0,9 : 0,9	Капуста	1 : 0,6 : 0,7
Кукурудза на зерно і силос	1 : 0,9 : 0,9	Помідор, огірок, цибуля	1 : 0,7 : 0,8
Просо	1 : 0,9 : 1,1	Бурак кормовий	1 : 0,7 : 1,3
Гречка	1 : 1,0 : 1,1	Кукурудза на зелений корм	1 : 0,8 : 0,8
Горох	0,5 : 1,0 : 0,5	Багаторічні трави	0,6 : 1,0 : 3,0
Коноплі – волокно	1 : 0,7 : 0,8	Вико-вівсяна суміш	1 : 0,9 : 1,2

Тому для визначення кожного елемента в добриві (кг/га) обчислюють суму коефіцієнтів ( $1,0 + 0,9 + 0,8 = 2,7$ ) та ціну цілого коефіцієнта в елементах живлення ( $3,2 : 2,7 = 1,18$  ц/га або 118 кг/га). Звідси норми елементів живлення для внесення в ґрунт становлять: **N**– $118 \cdot 1,0 = 118$  кг/га; **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** –  $118 \cdot 0,9 = 107$  кг/га; **K<sub>2</sub>O** –  $118 \cdot 0,8 = 95$  кг/га. Їх уточнюють з урахуванням коефіцієнтів на вміст рухомих сполук елементів живлення в ґрунті (окремо для кожного елемента).

**Математичні методи.** Застосування автоматичних методів управління сільськогосподарським виробництвом дає змогу використовувати методи визначення оптимальних норм добрив на основі математичного моделювання (виробничих функцій) з використанням інформації про кількісну залежність урожаю від норм добрив у певних природно-кліматичних умовах залежно від агрохімічної характеристики ґрунтів – рівня кислотності, вмісту гумусу, рухомих сполук елементів живлення.

**Метод цілеспрямованого регулювання родючості ґрунту.** Під час розрахунку норм добрив метою є не лише підвищити врожайність, а й довести вміст рухомих сполук елементів живлення в ґрунті до оптимальних (табл. 5.14) або заданих параметрів. При цьому використовують нормативи змін їх вмісту на 10 мг на 1 кг для різних типів ґрунтів, які встановлено на основі тривалих стаціонарних дослідів з добривами (табл. 5.15).

Таблиця 5.14

**Оптимальні значення вмісту рухомих сполук фосфору і калію за методом Чирикова в різних типах ґрунтів, мг/кг**

Елемент живлення	Дерново-підзолисті і сірі лісові ґрунти		Чорноземи	
	Сівозміна			
	польова	овочева	польова	овочева
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	150—200	200—300	150—200	200—250
K <sub>2</sub> O	170—200	200—250	150—200	150—200

Таблиця 5.15

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

Тип ґрунту	Гранулометричний склад	$P_2O_5$	$K_2O$
Сірі лісові	Піщані і супіщані	70–90	60–70
	Суглинкові	80–110	70–80
	Важкосуглинкові і глини	120–140	80–90
Чорноземи опідзолені і вилужені	Піщані і супіщані	80–90	80–90
	Суглинкові	90–100	80–90
	Важкосуглинкові і глини	100–120	80–90
Типові і звичайні	Піщані і супіщані	90–100	–
	Суглинкові	100–110	–
	Важкосуглинкові і глини	120–130	–

---

---

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

$$H = 0,1 \cdot (B_1 - B_2) \cdot H_n,$$

де  $B_1$  і  $B_2$  – відповідно запланований і фактичний вміст рухомих сполук елемента живлення в ґрунті, мг/кг;

$H_n$  – нормативна норма елемента живлення понад винос його з урожаєм для збільшення вмісту рухомих сполук на 10 мг/кг ґрунту, кг/га.

*Приклад.* Для підвищення вмісту рухомих сполук фосфору в ґрунті за ротацію 5-пільної сівозміни з 110 до 150 мг/кг, норма фосфорних добрив буде становити:

$$H = 0,1(150 - 110) 90 = 360 \text{ (кг/га), або щороку } 72 \text{ кг/га } P_2O_5 (360 : 5).$$

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

## 5.5. МЕТОДИКА СКЛАДАННЯ РІЧНИХ І КАЛЕНДАРНИХ ПЛАНІВ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРИВ

На практиці систему удобрення у будь-якому агроценозі складають у кілька етапів. Розроблена за будь-яким викладеним вище методом загальна схема застосування добрив у сівозміні (наприклад, табл. 5.16–5.17) є основним тривалим (як мінімум на ротацію сівозміни) документом, де зазначено оптимальні норми добрив і співвідношення в них елементів живлення, які встановлено за середньозваженою родючістю ґрунту всіх полів сівозміни з урахуванням усіх перелічених вище факторів.



Таблиця 5.16

**Нормативи орієнтовно оптимального насичення сівозміни  
органічними і мінеральними добривами**

Регіон	Тип ґрунту	Вид сівозміни	Гній, т/га	Мінеральні добрива, кг/га			Всього НРК, кг/га
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Правобережний і західний Лісостеп	Чорноземи типові	Зерно- буяково- трав'яна	12	70	75	80	387
Центральний Лісостеп	Чорноземи типові	Паро- зерно- буяково- трав'яна	12	53	60	60	335
Лісостеп (біологічне землеробство)	Чорноземи	Зерно- буяково- трав'яна	12	60	60	60	342
Лісостеп (Черкаська обл.)	Чорноземи	Зерно- буяково- трав'яна	12	90	87	83	422
Лісостеп (за нор- мативами витрат елементів живлення)	Чорноземи	Зерно- буякова	9	85	85	65	355
Правобережний Лісостеп	Чорнозем опідзолений	Зерно- буякова	9	85	35	60	300

Таблиця 5.17

**Система удобрення у польовій сівозміні на чорноземі  
опідзоленому Правобережного Лісостепу**

Чергування культур	Урожайність, ц/га	Гній, т/га	Мінеральні добрива, кг/га						
			під оранку		перед сівбою (N)*	у рядки при сівбі		підживлення	
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1	2*
Конюшина	60								
Пшениця озима	55		30	70			10	60	60
Бурак цукровий	500	45	60	100	100		10		
Кукурудза	65		40	90	100		10		
Горох	30					20	10		
Пшениця озима	55		30	70			10	60	60
Кукурудза на силос	450		30	80	100		10		
Пшениця озима	50		30	70		20	10	60	30
Бурак цукровий	450	45	60	120	100		10		
Ячмінь ярий	45					20	10		

*\*Примітка.* Норми мінеральних добрив коригують: азотних – за вмістом мінерального азоту в ґрунті, фосфорних – рухомих фосфатів з метою доведення їх вмісту до оптимальної межі.

**Річний план застосування добрив** – це корекція норм загальної схеми з урахуванням відмінностей в родючості ґрунту на певних полях і фактичного чергування на них культур, зміни погодних умов та агротехніки в окремі роки, щорічних організаційно-економічних змін у накопиченні органічних і придбанні мінеральних добрив.

---

---

Цим планом передбачається розподіл скоригованих норм добрив з прийомами, строками і способами їх внесення із зазначенням конкретних найкращих та необхідних форм мінеральних добрив.

*Календарний план придбання і застосування добрив* складають за матеріалами річного плану, в якому вказують загальні обсяги певних форм добрив на всю удобрювану площу і терміни їх придбання (зазвичай поквартально).

Коригування річного плану застосування добрив проводять з урахуванням погодних умов та даних ґрунтової і рослинної діагностики живлення рослин.

Усі перелічені заходи для реалізації системи удобрення тісно взаємопов'язані між собою. При цьому кожний наступний захід є логічним продовженням і доповненням попереднього.

Під час складання річних і календарних планів застосування добрив потрібно враховувати низку факторів, які можуть істотно впливати на ефективність системи удобрення. Так, окремі поля сівозміни або їх ділянки можуть значно відрізнятися за агрохімічними показниками від середньозважених у всій сівозміні. Якщо родючість конкретного поля відповідає показникам по сівозміні, то норми добрив не змінюють. В інших випадках норми меліорантів, фосфорних і калійних добрив коригують за допомогою поправкових коефіцієнтів (табл. 5.9). Норми органічних і азотних добрив не коригують. Отже, менш родючі поля отримують більше, а більш родючі – менше добрив, тобто буде відбуватися вирівнювання родючості ґрунту на всіх полях сівозміни. При цьому потреба в добривах для всієї сівозміни не змінюється.

Норму матеріалу для проведення вапнування можна уточнювати за показником  $pH_{\text{сол}}$  та за гідролітичною кислотністю ґрунту на певному полі або його частині. Корекцію норм і доз азотних добрив проводять безпосередньо перед їх внесенням за результатами ґрунтової і листкової діагностики.

---

---

Скориговані норми добрив за родючістю ґрунту уточнюють з урахуванням погодних умов минулого року за врожайністю попередника. Якщо рік був посушливим, то це знижувало врожай попередника і він достатньо не використав унесені під нього органічні та мінеральні добрива. Тому вони будуть мати більшу післядію, що дає змогу знизити норми внесення добрив.

Уточнення норм мінеральних добрив проводять також з урахуванням кількості та якості внесених органічних добрив та у разі порушення співвідношення між їх видами під час придбання. Так, якщо було недостатньо закуплено фосфорних добрив, то потрібно пропорційно зменшити норми азотних і калійних добрив до рівня, який лімітується нормою фосфору. Добрива, що залишилися, можуть бути перехідним фондом на наступний рік або їх використовують в інших агроценозах. У разі збільшення обсягів закупівлі добрив їх норми внесення підвищують пропорційно під усі культури з дотриманням потрібного співвідношення.

Система застосування фосфорних добрив поряд із забезпеченням достатнього фосфорного живлення рослин має бути спрямована на досягнення оптимального вмісту рухомих фосфатів у ґрунті. Це зумовить значне підвищення ефективності інших видів добрив і насамперед азотних. Вона також має бути динамічною у часі та коригуватися відповідно до кожної земельної ділянки.

Отже, послідовне щорічне коригування норм добрив у загальній схемі системи удобрення дає змогу враховувати більшість умов, які щороку можуть змінюватися. Тобто система удобрення має бути динамічною та адаптованою до умов росту й розвитку рослин, забезпечувати щорічну агрономічну й економічну ефективність внесених добрив та екологічну безпеку.

Після цього скориговані загальні норми добрив розподіляють за прийомами їх внесення (основне, передпосівне, підживлення). Потім вказують строки і способи внесення добрив, підбирають форми відповідних добрив.

Методика складання системи застосування добрив у сівозміні залежить від забезпеченості органічними і мінеральними добривами, тобто від можливостей господарства. Якщо під культури наступного року планується внесення органічних добрив, а в системі удобрення це не передбачено, то норми мінеральних добрив зменшують на таку саму кількість елементів живлення, яка буде внесена з органічними добривами. В умовах ліміту мінеральних добрив подальший їх розподіл між культурами проводиться так: одержані після коригування дози основного удобрення під культури на зрошуваних ділянках, під овочеві, рис, льон, картоплю, буряк цукровий після узгодження з ресурсами господарства не зменшують. Залишок ресурсів мінеральних добрив розподіляють між іншими культурами. При цьому насамперед задовольняють потребу цих культур у рядковому удобренні, а також передбачають виділення азотних добрив для підживлення озимих культур. Решту ресурсів мінеральних добрив розподіляють між культурами відповідно до їх пріоритету (табл. 5.18), помноживши його значення на рекомендовану норму елементів живлення.

Таблиця 5.18

**Коефіцієнти пріоритетів культур стосовно елементів живлення добрив (М.В. Лісовий)**

Культури та угіддя	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
Буряк, льон	1,0	0,8 – 0,9	1,0
Кукурудза на зерно, ефіроолійні	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 – 0,4	0,5
Кормові коренеплоди	0,9	0,6 – 0,7	0,8
Сінокоси і пасовища	0,3	0,4 – 0,5	0,5
Багаторічні трави	0,8	0,1 – 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

---

---

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 разі дуже обмежених ресурсів (до 50 кг/га д. р. в умовах достатнього зволоження і зрошення та до 15 кг/га д. р. в засушливих умовах) можливі два варіанти розподілу добрив: 1) під усі культури вносити рівномірну кількість; 2) виділення під основні культури потрібної кількості для отримання запланованого врожаю, а залишок (якщо він буде) розподіляють під інші культури. При цьому, в першу чергу, виділяють добрива для припосівного внесення під усі сільськогосподарські культури (10–30 кг/га д. р. фосфорних, азотних і калійних добрив). Решту добрив потрібно використовувати під озимі зернові і технічні культури. Невисокі норми добрив (100–150 кг/га д. р.) розподіляють між культурами за рекомендаціями науково-дослідних установ.

### **? Питання для самоконтролю**

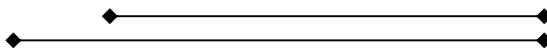
1. Назвіть принципи складання системи удобрення.
2. Які є зональні особливості системи удобрення сільськогосподарських культур?
3. Які фактори потрібно враховувати під час складання систем удобрення?
4. Які ви знаєте прийоми внесення добрив?
5. Які є методи для розрахунку норм добрив?
6. Що таке календарний план застосування добрив та як його складають?

---

---

## Розділ 6

# УДОБРЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПО- ДАРСЬКИХ КУЛЬТУР



### 6.1. УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Серед зернових колосових культур пшениця озима найвибагливіша до умов живлення. За вегетацію вона проходить 12 етапів органогенезу, кожен з яких характеризується відповідними вимогами до умов мінерального живлення.

Незважаючи на невелику масу рослин пшениці озимої в осінній період, важливу роль у створенні оптимальних умов їх розвитку в цей час відіграють наявність та правильне співвідношення між рухомими сполуками елементів живлення в ґрунті. На ранніх стадіях росту й розвитку, коли відбувається закладання колоса, його диференціація та утворення колосків, має бути оптимальне співвідношення між азотом і фосфором. Достатня кількість азоту в цей період позитивно впливає на величину врожаю. Тому на бідних ґрунтах або після непарових попередників частина загальної норми азоту має бути внесена восени. Нестача азоту в інші періоди на величину врожаю впливає менше.

Під час сівби пшениці після чистого пару в ґрунті завдяки мікробіологічним процесам (амоніфікації і нітрифікації)

---

---

накопичується значна кількість азоту мінеральних сполук, зокрема нітратів. У цьому разі система удобрення має бути спрямована на нейтралізацію надмірного живлення рослин азотом, тобто посилення фосфорного і калійного живлення. Тому під час складання системи удобрення пшениці озимої важливо враховувати вміст рухомих сполук елементів живлення в ґрунті й особливості попередників. Калій підвищує холодостійкість рослин, посилює куціння, а оптимальне азотно-фосфорне живлення на початкових етапах розвитку пшениці стимулює ріст і заглиблення її коренів, сприяє накопиченню значної кількості цукрів, що підвищує стійкість рослин проти низьких температур і весняної посухи, зменшує небезпеку вилягання.

Посилене азотне живлення пшениці озимої на ранніх етапах росту й розвитку знижує врожай, оскільки під час проростання азот гальмує ріст коренів і зумовлює деяку депресію початкового росту рослин. Тому в осінній період пшениця озима потребує невеликої, але достатньої кількості азоту.

У розвитку пшениці озимої виділяють два критичні періоди забезпеченості рослин елементами живлення: перший – від появи сходів до припинення осінньої вегетації, коли рослини доволі чутливі до нестачі азоту та фосфору; другий – від початку відновлення весняної вегетації до виходу в трубку, коли рослини доволі чутливі до нестачі азоту. Через свої біологічні особливості вона не витримує високих доз азотних добрив, які вносять до початку сівби. Це змушує проводити підживлення в період найбільшої потреби рослин в азоті.

Проблема оптимізації азотного живлення включає вирішення двох завдань: оптимальний розподіл визначеної норми добрив на кілька строків внесення і розроблення методики встановлення оптимальних доз азоту з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, попередників і сортових особливостей. Зернові культури засвоюють азот у такій динаміці, відсоток:



---

---

проростання і сходи – 8, кущіння – 28, вихід у трубку – 36, колосіння і цвітіння – 2, наливання зерна – 16.

Нестача або надлишок азоту у фазі кущіння істотно впливає на формування елементів продуктивності рослин. Строки його внесення і метеорологічні умови можуть значно впливати на закладання і формування пагонів кущіння. У фазі виходу в трубку відбувається інтенсивне наростання вегетативної маси та формування генеративних органів рослин. Дефіцит азоту у цей період призводить до того, що частина сформованих пагонів зовсім не продуктивна, диференціація колосу передчасно закінчується і, як наслідок, він формується дрібний з невеликою кількістю колосків. Внесення азотних добрив після початку фази виходу в трубку не змінює цю стресову ситуацію у живленні рослин, що призводить до значного недобору врожаю.

У період формування і наливання зерна умови азотного живлення та погода чинять вирішальне значення на озерненість колоса і крупність зерна, що врешті-решт визначає продуктивність пшениці озимої. Оскільки 50 % асимілянтів, що утворюють урожай зерна, продукуються впродовж 2 з 4–6 тижнів, які проходять після колосіння, то важливо, щоб верхівкові листки і колоски були здоровими.

Засвоївши ще до початку колосіння понад 2/3 усієї потрібної кількості азоту, в період цвітіння пшениця озима майже перестає його засвоювати. На початку формування зерна потреба пшениці в цьому елементі живлення значно збільшується і за нормальних умов розвитку вона має засвоїти решту 25–30 % потрібного їй азоту, який здебільшого витрачається на формування якості зерна. Його вплив на поліпшення якості зерна (збільшення вмісту білка понад біологічно оптимальний рівень) починає виявлятися після того, як будуть повністю задоволені потреби рослин на формування оптимального у певних умовах рівня насінної продуктивності. Тому внесення невисоких доз азотних добрив (20–40 кг/га д. р.)

---

---

під пшеницю озиму, зокрема після непарових попередників, зазвичай, не сприяє поліпшенню якості зерна.

Пізнє підживлення азотними добривами (навіть позакореневе підживлення рідкими добривами) може бути малоефективне, якщо до цього часу не сформувався достатній фонд асимілятів. Найефективніше проводити підживлення у фазі виходу в трубку, що пояснюють насамперед позитивним впливом на розміри і тривалість життя двох верхніх листків, особливо верхівкового. Від площі останнього залежить маса зернівки, що в кінцевому результаті впливає на врожай зерна колоса. Білок у зерні накопичується за рахунок надходження азоту як з ґрунту (30–40%), так і з вегетативної маси (60–70%).

Основну кількість фосфору пшениця озима засвоює до початку колосіння. Достатня забезпеченість фосфорним живленням позитивно впливає на формування кореневої системи і генеративних органів рослин та поліпшує озерненість колоса, тоді як нестача фосфору призводить до його через зерниці.

Калій, як інші елементи живлення, надходить із ґрунту з перших днів росту пшениці озимої до початку цвітіння, але найбільше його засвоюється у фазах виходу в трубку і колосіння. Він підвищує холодостійкість рослин, міцність стебел, що особливо важливо для схильних до вилягання сортів. За нестачі калію стебло пшениці озимої вкорочується, тканини на краях листків буріють і відмирають, унаслідок чого змінюється обмін речовин та затримується реакція синтезу білка, що призводить до зменшення врожайності й погіршення якості зерна.

Надлишок азоту в живленні пшениці озимої посилює вилягання посівів та пошкодження рослин іржею, тоді як калій підвищує стійкість рослин проти цих явищ.

Пшениця озима досить чутлива до реакції ґрунтового розчину. Найкраще пшениця росте і розвивається на ґрунтах з показником **pH<sub>сол.</sub>** = 6–7, тому вона добре реагує на вапнування ґрунту.

---

---

Найвищі врожаї пшениці озимої отримують за сумісного застосування у сівозміні органічних і мінеральних добрив. Гній в умовах недостатнього і нестійкого зволоження в нормі 30–35 т/га вносять переважно під чисті й заняті пари та під кукурудзу на силос, де пшениця озима використовує його післядію.

Залежно від ґрунтово-кліматичних умов і сортів на кожну тону зерна і відповідної маси соломи пшениця озима виносить з ґрунту, кг: **N** – 25–35, **P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** – 10–12, **K<sub>2</sub>O** – 20–30. Ці величини значно залежать від вмісту рухомих елементів живлення в ґрунті, попередників, режиму вологості ґрунту, сортів.

Під час складання системи удобрення пшениці озимої важливо знати умови її вирощування. В усіх випадках не можна допускати переваги азотного живлення над фосфорним і калійним у період росту пшениці. У вирішенні питання про внесення азоту в основне удобрення вчені одностайні: на ґрунтах з низьким вмістом його мінеральних форм (менш як 20 мг/кг орного шару ґрунту) вносять 20–30 кг/га азоту.

Розрізняють чотири строки внесення азотних добрив під пшеницю озиму: основне і підживлення – ранньовесняне, у фазу виходу рослин у трубку, позакореневе (у фазу колосіння). Це пов'язано з тим, що пшениця чутливо реагує на запаси рухомих сполук елементів живлення в ґрунті на початку вегетації восени та у весняний період, коли спостерігаються три максимуми потреби в посиленому азотному живленні: у початковій фазі весняного куціння (III етап органогенезу), у фазі виходу рослин у трубку (кінець V і VI та початок VII етапів органогенезу), а також у фазі колосіння (VIII – початок IX етапів органогенезу).

Отже, потрібно правильно розподілити розраховану під озиму пшеницю норму азотних добрив. За нестачі азоту в фазі її куціння погано закладаються пагони; у фазі виходу в трубку – частина пагонів формується без колосків, або колос формується дрібний; у період формування і наливання зерна – умови азотного живлення і погода мають вирішальний вплив на озерненість колоса та крупність зерна. Крім урожайності зерна

---

---

озимої пшениці, азотні добрива значно впливають на такі показники його якості, як вміст білка, показник седиментації, об'єм хлібу; помірно впливають на якість білка і клейковини та вихід борошна, пружність і поверхню тіста; не впливають на показник числа падіння.

Загальноприйнятим прийомом у системі удобрення пшениці озимої є азотне ранньовесняне підживлення (напровесні, по так званому “черепку” або по мерзлоталому ґрунті). Середній приріст урожайності пшениці при цьому становить 3–5 ц/га. Високу ефективність внесених напровесні азотних добрив (традиційно це аміачна селітра) пояснюють тим, що після перезимівлі пшениця буває слабкою і потребує посиленого азотного живлення для інтенсивного відростання і формування надземної маси. Пізнє підживлення пшениці навесні затримує процес куціння, внаслідок чого частина стебел формується з неповноцінними колосками або зовсім без них. Підживлення пшениці у фазі куціння проводять у два строки за таких умов: на ґрунтах легкого гранулометричного складу, коли необхідна доза азоту перевищує 60–80 кг/га; якщо вегетація розпочинається рано; в сівозміні вносять багато органічних добрив, часто вирощують бобові й овочеві культури, або сівбу проведено після сидеральних культур. При цьому перша доза азоту сприяє поповненню його мінеральних сполук у ґрунті і стимулює куціння рослин, а друга – стимулює утворення зародків колосків і продуктивних стебел.

У середині 70-х років XX ст. бельгійський учений Лалу розробив систему удобрення пшениці озимої, яка передбачала внесення азоту у три строки:

- 1) на стадії куціння – 30 кг/га д. р. (у Бельгії – середина березня);
- 2) на початку фази виходу в трубку – 80 кг/га д. р. (середина квітня);

---

---

3) під час появи верхівкового листка – 30 кг/га д. р. Це був початок впровадження інтенсивних технологій вирощування пшениці в Європі.

Якщо господарство не має змоги придбати необхідну кількість азотних добрив, насамперед потрібно запланувати їх внесення восени та в період формування другого вузла на стеблі пшениці. Це пояснюють тим, що від закінчення кушіння до колосіння (так званий великий період) посіви потребують приблизно 100 кг/га азоту, тобто щодоби – 2–4 кг/га. У цій фазі доцільно внести  $N_{50-60}$  або два рази по 25–30 кг/га азоту. Чим родючіший ґрунт, тим більше він продукує мінерального азоту і тим нижчі можуть бути дози його внесення. Оптимальну дозу добрив встановлюють за листковою діагностикою. У фазі початку виходу рослин у трубку вміст азоту повинен становити 3–5 % на суху речовину.

Друге підживлення – продуктивне – сприяє кращому росту бокових стебел, які за продуктивністю наближаються до головного стебла. Воно найбільше впливає на врожай зерна. До його проведення потрібно внести гербіциди, щоб не допустити засвоєння азоту бур'янами.

За умов здорового колосу і неушкодженого листкового апарату від закінчення колосіння до досягання пшениця озима ще поглинає приблизно 80 кг/га азоту. Тому пізнє внесення азотних добрив має велике значення, тим більше, що високий вміст білка в зерні досягається лише таким шляхом. Для цього їх доцільно вносити перед початком колосіння рослин, але не пізніше колосіння. Чим пізніше проведено підживлення, тим менше азотні добрива впливають на врожай і більше на якість зерна. Для встановлення доцільності його проведення використовують дані листкової діагностики. Зазвичай, для третього підживлення використовують підвищені дози азотних добрив – 50–70 кг/га д. р. або з розрахунку 10 кг азоту на 1 т очікуваного врожаю зерна.

---

---

Пізні азотні підживлення підвищують показник седиментації, масу 1000 зерен і натуру зерна, але знижують вміст у ньому лізину, метіоніну і цистину. Це відносно зниження якості компенсується підвищенням вмісту білка.

В Україні вирощують високі врожаї зерна пшениці озимої, але не завжди високої якості. Серед відомих прийомів підвищення якості зерна внаслідок зміни азотного підживлення велике значення має *позакореневе підживлення*.

Для проведення позакореневого підживлення пшениці озимої оптимальною дозою азоту є 30–45 кг/га у вигляді 10–30 % розчину карбаміду. Істотне збільшення вмісту білка (в абсолютних величинах на 1,5–2,0 %) та клейковини в зерні і його склоподібності переважно відбувається при його проведенні в період колосіння – на початку молочної стиглості зерна, який триває впродовж 10 діб. Засвоєний у цей час через листки азот уже не може бути використаний на утворення вегетативної маси рослин, тому повністю використовується для формування якості врожаю. Підвищення врожайності при цьому незначне – 1,5–3,0 ц/га, переважно внаслідок збільшенню маси 1000 зернин. Це пояснюють тим, що до початку колосіння всі елементи структури врожаю пшениці озимої вже були сформовані.

Для позакореневого підживлення пшениці озимої можна також використовувати КАС, розбавивши його водою до концентрації 15–20 %, однак за ефективністю він поступається розчину карбаміду.

Пшениця озима ефективно реагує на внесення мікродобрив. За формування низького рівня врожайності зерна (20–30 ц/га) на більшості ґрунтів обмежуючим чинником продуктивності рослин є забезпечення макроелементами. Під час внесення високих норм мінеральних добрив подальше підвищення врожаю залежить від елемента живлення, який є в мінімумі. Інколи нестача кількох десятків грамів одного з мікроелементів обмежує засвоєння інших елементів живлення і призупиняє зростання врожаю навіть на високих фонах живлення

---

---

макроелементами. Найважливішими мікроелементами для неї є марганець, молібден, мідь, цинк, бор. Їх вносять у ґрунт разом з мінеральними добривами, а також позакореневим підживленням та передпосівним обробленням насіння солями мікроелементів.

## **6.2. УДОБРЕННЯ ЯРИХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

Вегетаційний період у ярих зернових культур коротший, ніж в озимих. У ячменю – 70–110 діб, вівса – 100–120, пшениці ярої – 80–115 діб, а кількість елементів живлення, яка витрачається на формування врожаю, у них майже однакова. Коренева система ярих зернових культур розвинена слабкіше, менш інтенсивно відбувається процес куціння. Ці особливості потрібно враховувати для забезпечення повноцінного живлення рослин упродовж вегетації.

Ярі зернові культури мають найбільшу потребу в азоті у фазах від початку куціння до виходу в трубку. За цей період вони поглинають до 40 % азоту загального виносу за вегетаційний період. У перші 10–30 діб після появи сходів азот сприяє накопиченню в рослинах вуглеводів. Тому його нестача у цей період призводить до порушення формування генеративних органів, а в кінцевому результаті – до зниження врожаю. Внесення азоту в пізніші строки не усуває негативного впливу раннього азотного голодування і не сприяє підвищенню врожаю культур.

Фосфор сприяє росту кореневої системи ярих зернових культур, формуванню великого колоса, ранішому досягненню врожаю. Початковий період росту є критичним у фосфорному живленні рослин. Тому внесення фосфорних добрив у рядки під час сівби у дозі 10–20 кг/га д. р. підвищує врожайність на 2–4 ц/га. Загалом фосфорні добрива дають менший приріст урожаю, ніж азотні, але без них рослини гірше засвоюють азот і калій.

---

---

Калію ярі зернові культури також найбільше поглинають на початку свого росту. Найвища ефективність калійних добрив спостерігається на піщаних і супіщаних ґрунтах, які мають невисокий вміст рухомих сполук калію. Після вапнування у міру окультурення ґрунтів значення їх зростає.

До ґрунтово-кліматичних умов проростання з ярих зернових культур найвибагливіші ячмінь і пшениця. Найкраще вони ростуть при застосуванні добрив на ґрунтах, які мають близьку до нейтральної реакцію ( $\text{pH} = 6,0 \dots 7,3$ ). На кислих ґрунтах найбільше знижують урожайність і окупність добрив сорти інтенсивного типу. Тритикале яре і просо за вимогами до умов росту й особливостями живлення наближаються до пшениці ярої.

Ячмінь ярий найінтенсивніше засвоює основні елементи живлення впродовж досить короткого періоду – від фази куціння до початку колосіння (25–30 діб). За цей час у рослини надходить 40–45 % азоту, 50–65 – фосфору, 65–70 % калію. У фазі колосіння ячменю майже завершується засвоєння з ґрунту всіх 100 % калію, 90 – фосфору і 80 % – азоту від загального виносу їх з урожаєм. Просо має добре розвинену кореневу систему зі значною всисною здатністю, тому воно економно витрачає воду та елементи живлення з ґрунту. Просо досить вибагливе до родючості ґрунту, потребує нейтральної його реакції –  $\text{pH} = 6,5 \dots 7,5$ . На початку росту йому потрібен насамперед фосфор, який стимулює розвиток кореневої системи, але в цей час засвоює також азот і калій.

Найбільше елементів живлення просо засвоює у фазах куціння і цвітіння. За цей період рослини споживають близько 70 % азоту, 60 – фосфору і майже 45 % калію. Решту елементів живлення просо вбирає в процесі формування і досягання зерна. При цьому важлива роль належить фосфору, який разом з азотом забезпечує виповненість зерна та високий вміст у ньому жирів.



---

---

Овес менш вибагливий до умов проростання. Він краще переносить кислотність ґрунту, але досить добре реагує на його вапнування (оптимальне значення показника рН = 5,0...6,5). Овес має високу потенційну продуктивність, краще, ніж інші ярі зернові культури, засвоює елементи живлення із ґрунту та внесених під попередник добрив. Характерним для вівса є тривалий період засвоєння елементів живлення. На початку росту й розвитку він реагує на вміст у ґрунті мінерального азоту. Особливо чутливий до нестачі азоту у фазах кущіння – початку виходу в трубку, коли відбувається диференціація конуса наростання, визначається висота рослин і кількість листків, а також кількість зерен у волоті, після чого овес рівномірно засвоює азот до завершення вегетації. Застосування мінеральних добрив під овес, поряд з підвищенням врожаю зерна, збільшує вміст у ньому протеїну і зменшує кількість клітковини.

Усі ярі зернові культури добре реагують на внесення мінеральних добрив, а також ефективно використовують післядію органічних добрив. Удобрені просапні культури для них є найкращими попередниками.

Оптимальна норма азотних добрив під ярі зернові культури, які вносять під час передпосівної культивування після просапних культур – 60 кг/га д. р., після багаторічних трав – 30–40, після зернових, капустяних та інших небобових попередників – 90 кг/га д. р. Максимальна норма азотних добрив для цих культур становить 120 кг/га д. р. Під пивоварні сорти ячменю, а також при підсіві багаторічних бобових трав, норму азотних добрив зменшують на 30–50 %, але норма фосфорних і калійних добрив при цьому має переважати норму азотних. Важливою вимогою до удобрення пивоварного ячменю є рівномірність внесення добрив. Неякісний їх розподіл створює умови для формування нерівномірного за величиною, вирівняністю, вмістом білка, екстрактивністю зерна та знижує пивоварні якості сировини. Особливо це спостерігається на фоні внесення азотних добрив. На смугах з їх надмірним внесенням зерно ячменю

---

---

формується щупле, значна частина його втрачається під час збирання.

Потрібно враховувати, що надмірні норми калійних добрив також погіршують пивоварні якості зерна ячменю. Зерно пивоварного ячменю повинно мати знижений вміст білка (9...12 %) і високий вміст крохмалю (не менше 63 %). Тому невисокі норми азоту (не більш ніж 60 кг/га д. р.), зазвичай, вносять перед сівбою. Підживлень не проводять, щоб не підвищити вміст білка в зерні.

Сорти ячменю, призначені для кормових і продовольчих цілей, мають отримувати більше азотних і фосфорних добрив та менше калійних.

Сучасні сорти ярих зернових культур стійкі проти вилягання. Тому навіть за норми понад 60 кг/га д. р. азотних добрив перенесення частини їх для підживлення, за винятком умов достатнього зволоження, не дає бажаного результату. Найкращими азотними добривами для основного внесення є аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію, а також КАС, який забезпечує кращий розподіл азоту по поверхні поля. Для підживлення застосовують КАС в розбавленні 1:2...3 або вносять його великими краплями чи спеціально обладнаними обприскувачами з трубочками.

Фосфорні й калійні добрива під ярі зернові культури вносять восени під зяблевий обробіток ґрунту або під передпосівну культивуацію в дозі 45–60 кг/га д. р. За весняного застосування добрив ефективніше локальне стрічкове внесення на глибину 12–16 см. Такий спосіб дає змогу зменшити їх норму на 25–30 %. Ефективне також внесення добрив у рядки під час сівби ярих зернових культур на опідзолених ґрунтах по 10–15 кг/га NPK, а на чорноземах –  $P_{10-20}$  або  $N_{10}P_{10-20}$ , що забезпечує додатковий приріст урожайності зерна 2–3,5 ц/га.

Для ярих зернових культур з мікроелементів найбільше значення мають мідь, а також цинк і марганець. На провапнованих ґрунтах ефективним є внесення бору, на кислих ( $pH < 5,2$ ) –

---

---

молібдену. Позакореневе підживлення солями цих елементів проводять у фазі початку виходу в трубку рослин разом з внесенням пестицидів або позакореневим підживленням азотом. З підвищенням рівня врожаю ярих зернових культур потреба у застосуванні мікродобрив зростає.

### **6.3. УДОБРЕННЯ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР**

Зернобобові – цінні продовольчі та кормові культури. Під час складання для них системи удобрення потрібно враховувати одночасно підвищення врожаю і поліпшення якості продукції, оскільки ці культури мають велике значення для виробництва рослинного білка. Це пояснюють тим, що в насінні більшості зернобобових культур його міститься 25–30, у соломі – до 10–15 %. Амінокислотний склад білків збалансований і має високий вміст таких цінних амінокислот, як лізин, метіонін, триптофан.

На кореневій системі бобових рослин можуть розвиватися бульбочкові бактерії, що дає їм змогу фіксувати газоподібний азот з атмосфери. Для ефективного використання цієї біологічної особливості бобових потрібно добре знати вимоги бульбочкових бактерій до умов середовища і продуктивності їх у симбіозі з культурними рослинами.

Нормальний ріст і розвиток бульбочкових бактерій відбувається за оптимальних вологості й температури ґрунту, нейтральної або слабокислої реакції ґрунтового розчину, достатнього надходження до бульбочок вуглеводів, фосфору, калію та інших елементів. За показника рН = 5,5 і нижче ґрунт потрібно вапнувати. Під час вапнування бор і марганець стають важкодоступними для рослин. У таких випадках проводять позакореневі підживлення мікродобривами. На кислих ґрунтах рекомендується внесення молібдену. Для цього насіння обробляють молібдатом амонію з розрахунку 80–100 г на один літр робочого розчину. Молібден входить до складу ферментів,

---

---

які беруть активну участь у фіксації молекулярного азоту бульбочковими бактеріями.

Позитивна дія вапнування на вміст білка у зерні бобових культур і показники його якості деякою мірою пояснюють підвищенням рухомості і доступності для рослин молібдену.

Зернобобові культури за оптимальних умов вирощування (реакція ґрунту близька до нейтральної, достатнє фосфорно-калійне живлення, застосування інокуляції) засвоюють з повітря за допомогою бульбочкових бактерій близько 60–70 % азоту загального вмісту в рослинах і лише 1/3 – використовують із ґрунту. Тому вважають, що у більшості випадків достатньо внести лише стартову дозу азотних добрив (20–40 кг/га д. р.) під час передпосівної культивації, щоб отримати високий урожай з добрими показниками якості продукції. Це сприяє забезпеченню рослин азотом на початку росту, коли діяльність бульбочкових бактерій ще слабка. У разі внесення високих норм азотних добрив розвиток бульбочкових бактерій на коренях гальмується, знижується їх азотфіксувальна активність, тому зернобобові культури переходять на живлення азотом, який був унесений з мінеральними добривами. Визначити потребу азотного підживлення можна за розвитку бульбочок на кореневій системі: якщо їх менше п'яти на рослині і вони сірого кольору всередині – є потреба у підживленні. Якщо бульбочок багато, вони великі, з рожевою м'якоттю – азотфіксація йде активно і підживлення не потрібне.

Поряд зі створенням оптимальних умов зовнішнього середовища для життєдіяльності бульбочкових бактерій ефективність їх симбіозу забезпечується інокуляцією насіння зернобобових культур спеціальними активними расами бульбочкових бактерій. Особливо ефективно їх використовувати на тих полях, на яких відповідна культура не вирощувалась, або на ґрунтах, у яких відсутні або малоактивні бульбочкові бактерії. Оброблення насіння препаратом бульбочкових бактерій підвищує врожайність зерна на 1,5–3,0 ц/га.

---

---

За складом зерна і соломи зернобобові культури різняться від інших культур, зокрема від зернових злаків, підвищеним вмістом мікроелементів. Засвоєння ними елементів живлення залежить від особливостей розвитку. Горох і вика завершують засвоєння елементів живлення наприкінці цвітіння, люпин і боби кормові – під час достигання бобів на головному стеблі. На формування 1 т зерна з урахуванням соломи горох використовує 45–65 кг азоту, 15–20 –  $P_2O_5$ , 20–30 кг  $K_2O$ ; вика – відповідно 50–60, 12–16, 16–20; люпин – 70–80, 15–25, 40–50. Важливою особливістю гороху і люпину є здатність засвоювати фосфор із важкодоступних форм добрив і ґрунту за порівняно великої загальної потреби у цьому елементі.

Підвищений винос азоту зернобобовими культурами значною мірою задовольняється завдяки фіксації атмосферного азоту. Якщо врахувати, що надземна частина врожаю видалається з поля, то після збирання зернобобової культури накопичення азоту в ґрунті не відбувається, а можливе навіть деяке його зменшення, особливо під час видалення з поля, крім зерна, ще й соломи.

Фосфорні добрива ефективніше вносити під зернобобові культури на слабоокультурених ґрунтах та особливо на чорноземах, калійні – на легких дерново-підзолистих ґрунтах. Як основне добриво під зернобобові можна застосовувати фосфоритне борошно та інші водонерозчинні форми фосфорних добрив. Вносити їх потрібно восени під зяблевий обробіток ґрунту. З калійних добрив можна використовувати всі форми, але перевагу потрібно надавати безхлорним. Наприклад, потерпає від хлору люпин. Це типовий хлорофоб. Тому хлоровмісні калійні добрива вносять восени.

Люпин виносить з ґрунту багато калію, добре росте на кислих ґрунтах ( $pH = 4,0-5,0$ ), тоді як оптимальне значення показника  $pH$  для інших зернобобових культур становить 6–7. При внесенні вапна під люпин норми калійних добрив

---

---

підвищують на 30–50 %. Забезпеченість калієм визначає рівень урожаю зерна люпину. Це також стосується і до бобів кормових.

Зернобобові культури добре реагують на внесення магнієвих добрив, зокрема на ґрунтах легкого гранулометричного складу (20–40 кг/га  $\text{MgO}$ ). Ефективні також позакореневі підживлення рослин 5 % розчином сульфату магнію. Перше підживлення проводять у фазі 6–8 листків, друге – перед цвітінням.

Горох, вика і боби кормові вибагливіші до родючості ґрунту, ніж люпин. Вони краще ростуть на ґрунтах важкого гранулометричного складу, добре реагують на післядію органічних добрив. Проте за безпосереднього внесення органічних добрив люпин дуже галузиться, подовжується його вегетаційний період, а горох і вика нарощують велику вегетативну масу, внаслідок чого рослини вилягають. Отже, гній потрібно вносити лише під бобові культури, які не схильні до вилягання і призначені на зелену масу, приготування силосу або для заорювання як зелене добриво.

Боби кормові потребують більшої кількості добрив, оскільки у них збігаються періоди інтенсивного росту, цвітіння і формування зерна. Тому під них можна вносити органічні добрива (до 30 т/га).

Як уже зазначалося, зернобобові належать до групи рослин, які порівняно добре використовують запаси фосфору в ґрунті. Проте на початку росту вони мають слаборозвинену кореневу систему, тому добре реагують на внесення невеликої кількості водорозчинних сполук фосфору. Внесення суперфосфату в дозі 10 кг/га  $\text{P}_2\text{O}_5$  підвищує врожайність зерна на 2–3 ц/га. На площах, де основне удобрення не застосовували, особливо ефективно вносити в рядки під час сівби  $\text{N}_{10-20}\text{P}_{10-20}\text{K}_{10-20}$ . Залежно від культури прирости врожайності від цього прийому становлять 3–4,5 ц/га. Люпин, порівняно з іншими зернобобовими культурами, різниться кращою здатністю засвоювати фосфор з важкорозчинних форм добрив і запасів ґрунту.

---

---

Важлива роль в удобренні зернобобових культур належить мікродобривам, зокрема тим, що містять молібден, бор, марганець, цинк. Вони підвищують стійкість рослин до хвороб, посухи, екстремальних температур, посилюють азотфіксацію з повітря, покращують синтез хлорофілу та активізують процес фотосинтезу. Потреба бобових у мікродобривах зростає при застосуванні підвищених норм мікродобрив.

Найбільше значення має молібден, оскільки винос його зернобобовими культурами значно більший, ніж злаковими. Наприклад, в 1 кг сухої речовини ячменю його міститься близько 1 мг, а квасолі – 20 мг. Молібден особливо ефективний на кислих ґрунтах (з  $\text{pH} < 5,2$ ). Застосування молібденових добрив під бобові культури підвищує врожайність зерна на 2–5 ц/га і більше. Вапнування збільшує рухливість ґрунтових сполук молібдену, тому потреба в ньому часто знижується.

**Особливості удобрення сої.** Соя – високобілкова культура. Її зерно містить 33–42 % білка і 17–20 % жиру. Під час вирощування сої велике значення має надходження відповідної кількості фотосинтетично активної радіації (ФАР), а в комплексі агротехнічних прийомів провідна роль належить мінеральним добривам.

Потреба в елементах живлення визначається біологічними особливостями сої. На початку вегетації вона розвивається повільно. Від появи сходів до цвітіння їй потрібно незначну кількість елементів живлення – 18 % азоту, 15 – фосфору і 25 % калію. За наближення до фази цвітіння вимоги сої до умов живлення значно зростають. У період від цвітіння до масового наливання бобів у неї найбільша потреба в елементах живлення. За цей період соя поглинає їх 65 % загального виносу з урожаєм. У шарі ґрунту 0–20 см зосереджено 65–80% коренів сої, які розміщені 0–70 см.

Порівняно з іншими культурами соя з урожаєм виносить багато азоту. На створення 1 т зерна і відповідної маси соломи з ґрунту виноситься 70–75 кг азоту, 18–20 –  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 20–25 кг  $\text{K}_2\text{O}$ . Соя,

---

---

як і горох, на 50–60 % задовольняє власні потреби в азоті внаслідок його фіксації з атмосфери. Фіксація азоту починається через 3–4 тижні після сівби і триває аж до досягання насіння. Проте на перших етапах росту й розвитку рослини неспроможні повністю забезпечити себе азотом. Тому, особливо в холодні затишні весни, соя потребує додаткового азотного живлення. Звідси її позитивна реакція на внесення органічних і мінеральних добрив.

Для сої, як і для інших культур, важливо правильно поєднувати основне і припосівне удобрення та підживлення. Основне удобрення вносять під сою восени під зяблевий обробіток ґрунту або навесні – під культивуацію. Азотні добрива вносять навесні.

На посівах сої особливо ефективно позакореневе підживлення азотом, що сприяє поліпшенню якості зерна. Його проводять на початку утворення бобів 3 % розчином карбаміду, поєднуючи з 0,05% борною кислотою для зменшення абортивності бобів. Соя також позитивно реагує на позакореневе внесення сірки і магнію. Перше підживлення 5 % розчином сульфату магнію проводять у фазі 6–8 листків, друге – перед цвітінням. Значну роль у підвищенні якості зерна сої відіграють також калійні добрива, які, як і фосфорні, вносять у нормі 45–60 кг/га д. р.

Під час вирощування сої широко використовують інокуляцію насіння з внесенням під час передпосівної культивуації невисоких доз азоту мінеральних добрив (30–60 кг/га). Застосування інокуляції менш ефективно на слабоокультурених ґрунтах. При цьому спостерігається істотний ефект від внесення азотних мінеральних добрив.

Найважливіші мікроелементи для сої – бор, молібден, кобальт. Оптимальні терміни застосування молібдену і кобальту – гілкування, бору, міді і цинку – цвітіння рослин.



---

---

## 6.4. УДОБРЕННЯ КУКУРУДЗИ

Кукурудзу вирощують на зерно, силос і зелений корм. Вона досить вибаглива до родючості ґрунту, не переносить кислих (оптимальне значення  $pH=6,0\dots7,0$ ) та важких перезволожений, що сильно запливають, і засолених ґрунтів. На ґрунтах з показником  $pH < 5,5$  кукурудза значно знижує врожай. Під кукурудзу відводять поля з найродючішими ґрунтами і добрими попередниками. Вона дає високі врожаї на ґрунтах, багатих на рухомі сполуки елементів живлення, насамперед азот, з добрими фізичними властивостями, водо- і повітропроникністю. На ґрунтах із показником  $pH = 5,0$  і менше обов'язково проводять вапнування. Вапняні добрива найкраще вносити під попередник.

Поглинання елементів живлення кукурудзою триває до настання воскової стиглості зерна, тобто майже впродовж усього вегетаційного періоду. До фази молочної стиглості зерна рослини накопичують близько 90 % елементів живлення загального виносу з урожаєм і 80 % сухої речовини. Близько половини елементів живлення поглинається у період швидкого росту за короткий проміжок часу – від викидання волотей до початку цвітіння. Максимальний їх вміст в урожаї спостерігається у фазі воскової стиглості зерна. На 1 т зерна з відповідною листостебловою масою кукурудза виносить 15–30 кг N, 6–12 –  $P_2O_5$  і 20–30 кг  $K_2O$ .

Азот має найбільший вплив на рівень врожаю кукурудзи. На початку росту засвоєння його незначне. Зменшення засвоєння азоту навесні викликають низькі температури, що спричиняє пожовтіння рослин і гальмування їх росту. Починаючи з 6–8 листка, азот інтенсивно надходить у рослини. Так, якщо до фази 8 листків засвоюється лише 2–3 % азоту, то від фази 8 листків до фази засихання квіткових стовпчиків (волосся) на качанах – 85 % загальної кількості азоту. Решту азоту кукурудза продовжує засвоювати майже до початку досягання

---

---

качанів. Однак найінтенсивніше вона його засвоює у період за 10–20 діб до викидання волотей. На бідних на азот ґрунтах Полісся, а також на чорноземах видлужених і опідзолених Лісостепу для формування високого врожаю кукурудзи не вистачає саме азоту та потрібної суми ефективних температур. Азотні добрива не лише збільшують урожай, а й поліпшують його якість, підвищують вміст у зеленій масі та зерні протеїну. Проте для запобігання накопиченню в зеленій масі нітратного азоту ( $\geq 200$  мг/кг) не рекомендують перевищувати рекомендовані норми внесення азотних добрив. Високі норми азоту на ґрунтах легкого гранулометричного складу доцільно вносити роздільно, проводити підживлення ( $N_{30-40}$ ) під час першого міжрядного обробітку ґрунту до висоти рослин кукурудзи 20 см. Потребу в підживленні визначають за результатами рослинної діагностики. На суглинкових ґрунтах, навіть в умовах достатнього зволоження і зрошення, перенесення частини азоту з основного удобрення для підживлення (не кажучи вже про фосфорні і калійні добрива) знижує врожай або не дає додаткового ефекту.

У перший місяць кукурудза росте дуже повільно і засвоює мало елементів живлення, але вони, особливо фосфор, мають бути в достатній кількості та в доступній формі і тому в системі удобрення кукурудзи обов'язково передбачають внесення фосфорних добрив у рядки під час сівби 10–20 кг/га  $P_2O_5$ . При цьому насіння і добрива мають бути розділені шаром ґрунту 2–4 см, щоб висока концентрація ґрунтового розчину, зумовлена добривом, не пошкодила насіння. Доза азоту в рядковому удобренні має не перевищувати 5 кг/га. На бідних ґрунтах передбачають внесення в рядки повного добрива. При цьому найкраще використовувати більш концентровані форми складних добрив. Різко негативна дія рядкового внесення підвищених норм мінеральних добрив особливо виявляється на менш буферних дерново-підзолистих ґрунтах.

---

---

Фосфор кукурудза засвоює більш-менш рівномірно впродовж тривалого часу, аж до досягання врожаю. Фосфорні добрива стимулюють розвиток потужної кореневої системи, закладання репродуктивних органів, сприяють більш ранньому утворенню качанів, прискорюють досягання врожаю. Найвибагливіша кукурудза до їх внесення на чорноземних ґрунтах Степу. Нестача фосфору затримує ріст і розвиток квіток та зерен у качанах кукурудзи, листки рослин стають темно-зеленими з фіолетово-червоним відтінком і поступово відмирають.

Кукурудза, як й інші багаті вуглеводами культури, має підвищену потребу в калії. Нормальне живлення цим елементом підвищує стійкість рослин до вилягання та пошкодження кореневими і стебловими гнилями. Калій також потрібний для утворення качанів, накопичення крохмалю і цукру.

Калій кукурудза найінтенсивніше засвоює в перший період вегетації. Під час вирощування її на зерно в другій половині вегетації накопичення калію в рослинах може іноді знижуватись. Це відбувається внаслідок його відтоку в ґрунт. Найбільша потреба у калійних добривах на ґрунтах легкого гранулометричного складу та вирощуванні після калієфільних культур (соняшнику, коренеплодів, картоплі та ін.)

Нестача калію в ґрунті сповільнює ріст рослин, краї листків жовкнуть і засихають, погано розвивається коренева система, знижується стійкість рослин проти вилягання.

Кукурудза як посухостійка культура здатна переносити в'янення, оскільки її коренева система різнилась високою всисною здатністю, яка у 5 разів швидше за інші зернові культури поглинає воду за значно нижчої вологості ґрунту. Удобрення і висока родючість ґрунту сприяють продуктивнішому використанню вологи рослинами. При цьому кукурудза разом з азотом активно засвоює фосфор, який забезпечує прискорений ріст листків і проникність коренів у глибші шари ґрунту, що особливо важливо під час вирощування її в умовах недостатнього зволоження.

---

---

Система удобрення кукурудзи складається з трьох прийомів: основного, рядкового і підживлення.

Кукурудза досить чутлива до внесення органічних добрив, особливо у Поліссі. Часто на дерново-підзолистих ґрунтах без їх застосування не вдається отримати високий урожай цієї культури. Кращими органічними добривами є підстилковий гній і торфогноївкові компости, які на цих ґрунтах вносять по 30–40 т/га, а в Лісостепу і Степу відповідно 25–30 і 20 т/га. У разі застосування безпідстилкового гною з метою запобігання забрудненню ґрунтових і підґрунтових вод норма азоту має не перевищувати 200 кг/га. На чорноземах Лісостепу внесення 20 т/га гною забезпечує приріст урожайності зерна кукурудзи від 0,4 до 0,9 т/га, а силосної маси – 8–9 т/га.

На суглинкових ґрунтах гній, фосфорні і калійні добрива під кукурудзу вносять восени під зяблевий обробіток ґрунту, азот – навесні під час культивації. За достатнього зволоження на піщаних і супіщаних ґрунтах гній доцільно загортати навесні. За дворічного вирощування кукурудзи на одному місці у перший рік вносять органічні добрива в нормі 50 т/га і повну норму мінеральних, на другий рік – лише повне мінеральне добриво. Якщо у перший рік вносять більш ніж 50 т/га органічних добрив, то з мінеральних добрив достатньо внести лише азотні (не більш як 100 кг/га).

На зрошуваних масивах за достатнього поливання кукурудзи спостерігається значне посилення дії азотних добрив і, навпаки, значне ослаблення дії фосфорних і калійних, що пояснюють мобілізацією природних запасів фосфору і калію.

Норму мінеральних добрив під кукурудзу встановлюють на основі вмісту в ґрунті рухомих сполук елементів живлення і рівня запланованої врожайності. Так, для вирощування врожаю зерна 50–70 ц/га норми мінеральних добрив на чорноземних ґрунтах Лісостепу становлять  $N_{90-120}P_{60-90}K_{90-100}$ . Якщо мінеральні добрива вносять на фоні органічних, то норми їх зменшують.

---

---

Ефективність основного мінерального удобрення значно підвищується за локального способу внесення порівняно з розкидним.

Підживлення кукурудзи азотом посилює дію основного удобрення, але не замінює його. Потреба у підживленні азотними добривами виникає на слабозабезпечених азотом дерново-підзолистих, сірих лісових ґрунтах і чорноземах вилужених. Найбільший ефект дає раннє підживлення рослин у фазі 3–5 листків. Насамперед воно необхідне на бідних ґрунтах та у разі недостатнього внесення добрив до початку сівби. Запізнення з підживленням знижує його ефективність і подовжує вегетаційний період кукурудзи. З органічних добрив для підживлення використовують гноївку (3–5 т/га) і пташиний послід (5 ц/га). При підживленні важливо забезпечити рівномірність розподілу добрив на достатню глибину у вологий шар ґрунту. Позитивний ефект дає позакореневе підживлення кукурудзи розчином карбаміду в період до початку викидання волотей, що сприяє значному поліпшенню якості врожаю.

Ріст рослин кукурудзи також гальмується за нестачі сірки. При цьому качани гірше виповнюються зерном (череззерниця), листки стають світло-зеленими або жовтуватими внаслідок розпаду хлорофілу. Знижується ефективність азотних добрив, оскільки недобір 1 кг сірки унеможливорює засвоєння майже 10 кг азоту. Компенсують незначну нестачу сірки і магнію позакореневим внесенням сульфату магнію (5 % розчин) одночасно з карбамідом – 6 % розчин. Посіви обприскують зранку або ввечері, коли температура є нижчою. Найкраще підживлювати рослини від фази 7–8 листків упродовж трьох тижнів 1–3 рази через 7–8 діб. Одночасно вносять мікроелементи.

З мікроелементів для живлення кукурудзи особливо важливі цинк, мідь, бор, марганець та ін.

У стресових ситуаціях (посуха, низькі температури тощо) позакореневе підживлення є практично єдиним способом забезпечення рослин мікроелементами. Навіть невелика їх

---

---

кількість дуже корисна, оскільки вони містяться у легко-доступній формі і швидко засвоюються. Проведення позакоренових підживлень багатокомпонентними мікродобривами можна поєднувати з внесенням гербіцидів.

## 6.5. УДОБРЕННЯ БУРЯКУ ЦУКРОВОГО

Буряк цукровий дуже вибагливий до родючості ґрунту і зовсім не переносить кислої реакції ґрунтового середовища. Оптимальна реакція ґрунтового розчину (рН) для його вирощування від 5,6 до 7,5. Для отримання високих урожаїв його вирощують на окультурених з нейтральною реакцією або навіть слаболужних ґрунтах (рН = 6,5...7,5). Тому ґрунти з показником рН < 6,5 й гідролітичною кислотністю понад 2 смоль/кг ґрунту обов'язково потрібно вапнувати. Буряк цукровий добре реагує на вапнування, яке проводять дефекатом за повною гідролітичною кислотністю. Вносять дефекат безпосередньо під культуру, або з метою зменшення забур'яненості посівів під попередник. На більш легких ґрунтах оптимальний показник рН 5,6...5,8, але для цього потрібно підвищити їх буферність внесенням органічних і фосфорних добрив, бо буряк цукровий негативно реагує на зміну реакції ґрунтового розчину в період вегетації.

Буряк цукровий різниться високою солестійкістю і в процесі вегетації виносить з ґрунту велику кількість елементів живлення. У середньому 1 т коренеплодів з відповідною масою гички виносить 4–5 кг N, 1,5–2 –  $P_2O_5$ , 5–9 кг  $K_2O$  і значно залежить від кількості внесених добрив, родючості ґрунту, погодних умов.

У розвитку буряку цукрового умовно виділяють три періоди: формування листкового апарату; ріст коренеплоду; накопичення цукру.

На початку вегетації, коли рослини мають слаборозвинену кореневу систему, в ґрунті має міститися достатня кількість доступних елементів живлення безпосередньо біля проростаю-

---

---

чого насіння. Нестача елементів живлення у цей період затримує ріст і розвиток рослин та негативно впливає на подальший ріст коренеплодів і накопичення цукру. У період росту листків у поживному середовищі має переважати азот, що сприяє швидшому формуванню оптимального фотосинтетичного апарату і забезпечує триваліший період його ефективного функціонування. Чим повніше буряк у цей період забезпечений азотним живленням, тим вище врожай і якість коренеплодів.

У період накопичення цукру зниження частки азоту в живленні буряку позитивно впливає на збір цукру. Дія фосфору і калію залежить від забезпечення його азотом. Тому в системі живлення велике значення має встановлення оптимальних співвідношень між окремими елементами в різні періоди росту. Це співвідношення забезпечується правильною системою удобрення, яка включає вапнування ґрунту, внесення органічних і мінеральних добрив, оптимальне співвідношення елементів живлення за основного, припосівного внесення та підживлення.

З підвищенням норм добрив знижується цукристість і погіршуються технологічні якості коренеплодів. Проте, якщо їх вносити в оптимальних кількостях і співвідношеннях з урахуванням родючості ґрунту, особливостей агротехніки, цього не спостерігається. Тому під час встановлення норм добрив, особливо азотних, під буряк цукровий, потрібно враховувати, що збір з одиниці площі очищеного цукру досягає свого максимуму за нижчої норми добрив, ніж урожайність коренеплодів.

Внесення фосфорних добрив на фоні азотно-калійних поліпшує якість коренеплодів унаслідок підвищення цукристості, зменшення вмісту розчинної золи й азоту. Особливо різко підвищуються врожай і якість буряку цукрового на ґрунтах, в яких фосфор знаходиться в першому мінімумі. Калій також позитивно впливає на якість цукросировини, зокрема у разі недостатнього калійного живлення рослин.

Елементи живлення буряк цукровий засвоює впродовж усього вегетаційного періоду. На початку росту він споживає

---

---

відносно небагато азоту, фосфору і калію. Проте у цей період його коренева система ще слаборозвинена, тому молоді рослини досить чутливі до наявності в ґрунті рухомих сполук елементів живлення, особливо фосфору. Для оптимального початкового росту буряку цукрового добрива потрібно вносити у рядки. Цей прийом створює сприятливий режим живлення рослин у перші 15–20 діб після появи сходів і сприяє не лише пришвидшеному росту рослин, а й підвищує стійкість рослин проти хвороб, шкідників і несприятливих погодних умов. Традиційно в рядки вносять суперфосфат у дозі 15–20 кг/га д. р., на практиці її іноді збільшують до 30 кг/га. Це виправдано на тих полях, де внесено недостатньо фосфорних добрив в основне удобрення. Разом із суперфосфатом вносять також невеликі кількості азотних і калійних добрив, а ще краще замінити їх на складні (нітроамофоску, нітрофоску та ін.) або складнозмішані добрива. Сходи буряку цукрового негативно реагують на підвищення концентрації ґрунтового розчину під впливом мінеральних добрив. Особливо це може спостерігатися в роки з посушливою весною. Тому в рядки під час сівби вносять невеликі дози добрив  $N_{10-15}P_{10-15}K_{10-15}$ . Врожайність коренеплодів від цього підвищується на 2–3 т/га, а в умовах достатнього зволоження і зрошення – на 4–5 т/га.

Розробляючи систему удобрення буряку цукрового, варто дотримуватись загального правила: потрібно забезпечити рослини доступними формами елементів живлення на початку вегетації, оптимальний рівень живлення, зокрема азотом, у період інтенсивного формування листкового апарату. Наприкінці вегетації для формування коренеплодів та накопичення в них цукру рослинам потрібне помірне азотне живлення, але посилене фосфорне і калійне. Період максимального надходження елементів живлення припадає на липень–серпень.

Система удобрення буряку цукрового полягає у внесенні органічних, фосфорних і калійних добрив під зяблевий або



---

---

весняний обробіток ґрунту. Внесення фосфорних і калійних добрив навесні менш ефективно, особливо в засушливі роки.

Гній можна вносити як безпосередньо під буряк цукровий, так і під попередник. Середня норма – 20–40 т/га. Він має бути напівперепрілим. Свіжий гній унаслідок інтенсивного розкладання погіршує живлення буряку цукрового азотом, призводить до сильної забур'яненості посівів.

За даними дослідів агрохімслужби, в основних буряко-сіючих районах України застосування  $N_{120}P_{90-120}K_{90-120}$  забезпечує найвищу їх окупність приростом урожаю коренеплодів. Реакція буряку цукрового на окремі види добрив великою мірою визначається типом ґрунту. Так, азотні добрива добре діють на сірих лісових ґрунтах, чорноземах вилужених і опідзолених, слабкіше – на чорноземах типових. На чорноземах звичайних і солонцюватих ґрунтах їх дія незначна.

Азотні добрива під буряк цукровий в основних зонах бурякосіяння вносять під час передпосівної культивуації або весняного вирівнювання ґрунту. Ефективним також є осіннє внесення аміачних форм азотних добрив (аміаку водного і безводного) одночасно з проведенням пізньоосіннього безвідвального розпушення зябу за зниження температури ґрунту до 5–10°C. При цьому азот у вигляді амонію фіксується на глибині внесення добрива і не зазнає нітрифікації за умови низької температури.

Посіви буряку цукрового іноді підживляють азотними добривами. Підживлення забезпечує живлення рослин, коли коренева система в них ще недостатньо розвинена і вони нездатні засвоювати елементи живлення, внесені у глибокі шари ґрунту. Підживлення потрібно розглядати як додатковий прийом до основного і рядкового удобрення. Найбільші прирости врожаю від підживлення отримують в умовах зрошення, дещо менші – в умовах достатнього зволоження і низькі – у південних регіонах.

---

---

Перенесення навіть частини азоту з основного удобрення в підживлення недоцільне, не кажучи вже про фосфорні та калійні добрива. Насамперед підживлення потрібно проводити на полях, де не вносили гною і мінеральних добрив. Зазвичай, достатньо провести одне підживлення азотом (30–40 кг/га) або повним добривом ( $\text{N}_{30-40}\text{P}_{25-30}\text{K}_{30-40}$ ). Раннє підживлення у фазу 1–2 пар листочків у буряку одночасно з першим міжрядним розпушуванням значно ефективніше, ніж пізнє. Підживлення буряку цукрового слід завершувати до змикання листків рослин у рядках, зменшивши дозу азотних добрив, щоб не затримувати досягання коренеплодів.

Підживлення слід проводити на якомога більшу глибину, особливо в посушливі роки. Поверхнєве загортання добрив у сухий ґрунт різко знижує їх ефективність.

Буряк цукровий також підживляють азотом позако-ренево. Кращим добривом для цього є карбамід. Обприскування посівів проводять у хмарну погоду за температури нижче 20°C і доброї вологості ґрунту, найкраще ввечері або вранці. Удобрення карбамідом можна проводити під час всіх обприскувань пестицидами, якщо немає застережень щодо їх змішування. Додавання до робочого розчину карбаміду зумовлює кращу пропускну здатність кутикули листків, що сприяє проникненню в рослини пестицидів, посилює їх ефективність. Проводять 3–4-и позакоренових підживлення 6 % розчином карбаміду у період від 6–8-и добре розвинених листків до змикання їх у міжряддях. Молоді листки стійкіші до розчину карбаміду. Лише за прохолодної, хмарної погоди його концентрацію можна збільшити максимум до 10 %. Внесення одночасно з карбамідом сульфату магнію у 5 % концентрації зменшує небезпеку опіків від карбаміду.

Фосфорні добрива більше підвищують урожай буряку цукрового на чорноземних, ніж на сірих лісових ґрунтах. Відмінність дії форм фосфорних добрив, внесених під зяблеву оранку на чорноземних ґрунтах, незначна, хоча суперфосфат

---

---

має деяку перевагу. На підзолистих ґрунтах термофосфати діють краще, ніж суперфосфат. На ґрунтах з гідролітичною кислотністю понад 3,0 смоль/кг спостерігається стійка позитивна дія фосфоритного борошна.

Дія калійних добрив найчіткіше виражена на ґрунтах легкого гранулометричного складу. Буряк краще реагує на форми добрив, які поряд з калієм, містять низку супутніх елементів живлення (натрій, магній, сірку та ін.). Ці добрива за ефективністю переважають калій хлористий, тобто відмічається залежність, протилежна для більшості інших культур. Хлор на розвиток буряку цукрового негативного не впливає.

Крім макроелементів, буряк цукровий для формування врожаю потребує значної кількості мікроелементів. Найнеобхіднішим для нього є бор. Буряк цукровий також дуже чутливий до нестачі марганцю, середньочутливий – до міді, цинку, молібдену. На карбонатних ґрунтах потрібно вносити марганець, на дерново-підзолистих – мідь, на ґрунтах з нейтральною реакцією – кобальт, на чорноземах – цинк.

Позакореневі підживлення посівів макро- і мікроелементами, які були посіяні пізно навесні, потерпають від холоду чи посушливої погоди або відчувають гербіцидний стрес, навіть за достатньо вмісту в ґрунті рухомих сполук елементів живлення, позитивно впливають на продуктивність буряку цукрового. Їх проведення можна поєднувати з внесенням гербіцидів.

## **6.6. УДОБРЕННЯ СОНЯШНИКУ**

Соняшник має добре розвинену кореневу систему, яка проникає на глибину 3–4 м, а в горизонтальному напрямку на 0,8–1,2 м, що дає змогу рослинам засвоювати вологу та елементи живлення з глибоких шарів ґрунту. Він добре використовує фосфор і калій ґрунту, а також післядію раніше внесених добрив, здатний засвоювати фосфор із важкорозчинних сполук ґрунту і добрив, а калій – із важкорозчинних сполук ґрунту.

---

---

Соняшник — калієфільна культура. На формування 1 т насіння і відповідної кількості вегетативних органів він виносить з ґрунту 40–55 кг N, 15–25 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100–150 кг K<sub>2</sub>O. Традиційно існувала думка, що соняшник виснажує ґрунт. Але ці твердження перебільшено, бо повернення елементів живлення з рослинними рештками стосовно їх господарського виносу у соняшника становить: N – 74%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 54, K<sub>2</sub>O – 94%, а, наприклад, у ріпаку: N – 60%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 36, K<sub>2</sub>O – 71%; кукурудзи: N – 51%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 34, K<sub>2</sub>O – 98%; сої: N – 27%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 28, K<sub>2</sub>O – 28%; зернових колосових: N – 24–32%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 17–18, K<sub>2</sub>O – 68–72%.

Найкраще росте на чорноземних ґрунтах із рН = 6,0–7,0.

У процесі вегетації соняшник засвоює елементи живлення нерівномірно. На початку росту він потребує небагато елементів живлення, але засвоєння їх випереджає темпи приросту сухої речовини. Так, за перший місяць вегетації соняшник використовує 15 % азоту, 10 – фосфору і 10 % калію, хоча накопичення органічної речовини за цей час не перевищує 5 % максимальної величини. За наступні 1,5 міс., коли формуються кошики і до кінця цвітіння, соняшник інтенсивно вбирає елементи живлення, засвоює 80 % азоту, 70 – фосфору і лише 50 % калію. Решта (40 %) калію надходить у рослини від фази наливання насіння до початку достигання.

Система удобрення соняшнику складається з трьох прийомів: основного, рядкового і підживлення. Соняшник добре реагує на післядію органічних добрив, тому в сівозміні його розміщують після культур, під які вносили гній. Проте високі прирости врожаю насіння соняшнику отримують за поєднання внесення органічних і мінеральних добрив. Залежно від умов зволоження внесення 20–30 т/га гною забезпечує приріст урожайності насіння 0,2–0,5 т/га. Орієнтовні норми мінеральних добрив становлять 45–90 кг/га азоту, фосфору і калію. Один кілограм діючої речовини мінеральних добрив окуповується 1,2–1,5 кг насіння соняшнику. Незважаючи на дуже високий винос калію з ґрунту з урожаєм соняшнику, внесення калійних добрив

---

---

менш ефективне, ніж азотних і фосфорних. Це пояснюють тим, що в регіонах вирощування соняшнику ґрунти містять багато калію і коренева система рослин добре його засвоює.

Гній, фосфорні і калійні добрива вносять під зяблевий обробіток ґрунту, азотні – під час передпосівної культивуації. Ефективним є також внесення повного мінерального добрива навесні локально на глибину 12–14 см. Високі результати забезпечує рядкове внесення добрив під час сівби, зокрема на ґрунтах з низьким вмістом рухомих сполук елементів живлення. Доза рядкового удобрення становить  $P_{15-30}$  у вигляді суперфосфату або  $N_{10-15}P_{15-30}$  у вигляді комплексних добрив. Це підвищує врожайність насіння соняшнику на 0,2–0,3 т/га. Підживлення в районах, добре забезпечених вологою і в роки з достатньою кількістю опадів на полях, де не вносили добрив в основне удобрення, зокрема в рядки, доцільно проводити підживлення азотом (30 кг/га), іноді за доброго вологозабезпечення з додаванням фосфору і калію (20–30 кг/га) у фазі 2–3 пар листочків. Для соняшнику є також важливим рівномірний розподіл добрив по площі. Чергування слабоудобрених з надмірно удобреними смугами поля призводить до нерівномірного розвитку, зниження стійкості рослин проти захворювань, спричинених грибами, та нерівномірного досягання врожаю.

Соняшник часто висівають на одному полі через кожні 3–4 роки, що призводить до появи симптомів дефіциту мікроелементів і зниження продуктивності. Критичними фазами щодо цього є 6–8 пара листків та цвітіння.

Соняшник дуже чутливий до нестачі бору, цинку, а також марганцю, міді та заліза. Досить добре потребу у мікроелементах забезпечують позакореновими підживленнями. Їх розпочинають проводити після утворення 4–5 пар листків, коли відбувається інтенсивний ріст рослин і закладаються кошики. Найкраще застосовувати мікродобрива у вигляді хелатів і поєднувати їх внесення з обробкою посівів пестицидами. Цей

---

---

захід гарантовано забезпечує рослини мікроелементами в найдоступніших формах і саме в критичний період розвитку, що стимулює коренеутворення і закладання кошика, а відповідно і підвищення продуктивності рослин.

## 6.7. УДОБРЕННЯ КАРТОПЛІ

Картопля різниться підвищеними вимогами до кількості елементів живлення, необхідних для утворення високого врожаю. Так, із кожною тонною бульб разом з бадиллям картопля виносить 5–6 кг N, 1,5–2,0 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 7–9 кг K<sub>2</sub>O. Зазвичай, ранні сорти засвоюють менше елементів живлення на одиницю продукції, ніж пізні. Це пояснюють порівняно високим співвідношенням бадилля і бульб у пізніх сортів. Повноцінний режим живлення більше, ніж інші фактори, зумовлюють технологічні, харчові та насінні якості бульб. Вміст сухої речовини у бульбах становить 13–37 % (у середньому – 24%), крохмалю – 8–29 % (у середньому – 18 %). Для нормального росту й розвитку, крім макроелементів, рослини у достатній кількості мають бути забезпечені мікроелементами – бором, марганцем, молібденом, міддю, залізом, цинком, кобальтом та ін. Вміст у більшості типів ґрунтів мікроелементів у доступній для рослин формі може забезпечити лише середню врожайність картоплі.

За рахунок резервів насінної бульби молоді рослини деякий час розвиваються незалежно від вмісту елементів живлення і води в ґрунті.

Елементи живлення надходять у рослини впродовж вегетації нерівномірно. Найбільша їх кількість засвоюється картоплею в період бутонізації і цвітіння, що відповідає найбільшому приросту її надземної маси. До цвітіння вона засвоює 75 % необхідного азоту, 65 – фосфору і калію і 50 % магнію. Елементи живлення, що надходять у рослини в період бульбоутворення, переважно витрачаються на ріст бульб. Крім

---

---

того, в цей період на ріст бульб значною мірою впливають азот, фосфор, калій та інші елементи, накопиченні в бадиллі. Тому для вирощування великої маси бадилля необхідне інтенсивне азотне живлення картоплі, але надлишок і особливо однобічне живлення азотом після цвітіння зумовлює сильний ріст бадилля, затримує процес бульбоутворення. На період збирання врожаю в бульбах міститься до 80 % азоту, 90 – фосфору і 95 % калію загального їх вмісту в урожаї.

Реакція картоплі на азот, фосфор і калій залежить від типу ґрунту. Незважаючи на великий господарський винос калію, потреба в ньому на більшості ґрунтів виражена менше, ніж потреба в азоті, а іноді й фосфорі. Лише на легких за гранулометричним складом ґрунтах Полісся, а також на заплавлених і торф'янистих калій часто посідає провідне місце. На чорноземах типових і звичайних у мінімумі здебільшого знаходиться фосфор. На інших типах ґрунтів найбільша потреба буває в азоті.

Забезпечення рослин азотом має відповідати фазам розвитку картоплі: своєчасне внесення азотних добрив сприяє швидкому розвитку бадилля і ранньому змиканню щільного стеблостою в рядках. Проте не можна допускати її надмірного розвитку, оскільки це затримує утворення бульб і знижує їх якість, зокрема лежкість і вміст крохмалю. Для формування бульб у рослини має рівномірно надходити достатня кількість азоту. До цвітіння їм потрібно засвоїти понад 75 % загальної потреби, щоб старіння листків починалося не дуже рано. Пізніше для припинення росту бадилля і збирання придатних для зберігання бульб високої якості надходження азоту має бути зменшене. Нестача азоту в живленні картоплі знижує врожай бульб унаслідок недостатнього їх приросту і передчасного відмирання бадилля. Високі норми азотних добрив сприяють формуванню столонів другого і третього порядку, бульби формуються дрібні і знижується товарність урожаю.

---

---

Залежно від ґрунтово-кліматичних умов, сортів картоплі, рівня запланованого врожаю і призначення норма азотних добрив коливається від 50 до 150 кг/га д. р. Так, залежно від способу використання бульб, норми їх внесення можуть бути такими, кг/га д. р.: насінна – 50, рання – 100, для фритюру і на крохмаль – 120, на чіпси – 130, столова – 150. На полях, де впродовж багатьох років вносили органічні добрива, після чергового внесення гною (40 т/га) норму азотних добрив знижують на 20–30 кг/га д. р. Кращим азотним добривом для картоплі є сульфат амонію, який знижує ураження рослин паршею.

Фосфор – досить важливий елемент для живлення картоплі, оскільки рослина має слаборозвинену кореневу систему. За високого рівня фосфорного живлення утворення бульб починається раніше, поліпшується їх якість, пришвидшується досягання, підвищується врожайність (на 6 т/га і більше). Ефективність внесення фосфорних добрив знижується лише за дуже високої забезпеченості ґрунту фосфором. На краще забезпечених фосфором ґрунтах ефективніше вносити водорозчинні фосфорні добрива навесні перед садінням бульб. Фосфорні добрива знижують вміст у бульбах нітратів, сприяють загоєнню на них ушкоджень. Фосфор уповільнює ураження листків фітофторою, пришвидшує досягання рослин, зменшує проникнення спор у бульби, підвищує стійкість картоплі проти вірусних хвороб, чорної ніжки, кільцевої гнилі, ризоктоніозу. За нестачі фосфору рослини формуються низькорослими, врожай і якість бульб знижуються (смак, щільність, шкірка).

Калій, як елемент живлення картоплі, необхідний для регулювання, утворення, переміщення, накопичення і перетворення вуглеводів. Він впливає на осмотичний тиск у клітинах і водний режим рослин. Рослини картоплі, які добре забезпечені калієм, використовують менше води на утворення сухої речовини і краще переносять посуху. Тому приріст урожаю від застосування калію вищий у посушливих регіонах та під час



---

---

посухи. Вміст рухомих сполук калію в ґрунті на ділянках, де вирощують картоплю, має бути не нижчим, ніж 60 мг/кг.

За нестачі калію в живленні рослин картоплі листки жовкнуть, починаючи з країв, на них утворюються коричневі некротичні плями, внаслідок чого бадиля відмирає раніше.

Калійні добрива, як і фосфорні, у сівозміні доцільно вносити безпосередньо під картоплю.

У разі використання під картоплю концентрованих мінеральних добрив, які містять лише азот, фосфор і калій, виникає потреба у додатковому внесенні магнію, кальцію і сірки у співвідношеннях, близьких до співвідношення їх у золі рослин картоплі.

Картопля дуже вибаглива до забезпечення магнієм. За врожайності 30–40 т/га потрібно 60–80 кг/га **MgO**. Калій і магній є антагоністами, тому нестача магнію виявляється сильніше за одностороннє збільшення норм калійних добрив. За гострої його нестачі та стресових факторів (холод, посуха, під час яких засвоєння магнію з ґрунту обмежено) можна проводити позакореневе підживлення 5 % розчином сульфату магнію з першим обприскуванням проти фітофторозу.

Картопля порівняно з більшістю польових культур краще переносить високі концентрації ґрунтового розчину і кислі ґрунти. Коренева система у неї слаборозвинена, тому переважно (80–95 %) розміщена в орному шарі ґрунту. Цей фактор і здатність картоплі накопичувати в урожаї велику кількість елементів живлення зумовляють підвищену її реакцію на внесення добрив. Її потрібно вирощувати у спеціальних сівозмінах на ґрунтах з рівнем рН<sub>сол.</sub> в оптимальному інтервалі (5,3–5,8). Якщо такої сівозміни в господарстві немає, то під час вибору полів для вирощування картоплі потрібно враховувати строки проведення вапнування.

Максимальна дія вапна припадає на 2–3-й рік після його внесення. Внесення вапна безпосередньо під картоплю призводить до ушкодження бульб, у них знижується вміст крохмалю,

---

---

погіршується лежкість під час зберігання внаслідок зменшення доступності для рослин калію та збагачення ґрунтового розчину кальцієм і магнієм. Тому на провапнованих полях норми калійних добрив потрібно збільшувати приблизно в 1,5 разу.

Крім того, вапнування значно знижує доступність для рослин бору. Це можна виправити внесенням борних добрив (0,7 кг/га д. р.).

На всіх типах ґрунтів високий урожай картоплі отримують за сумісного застосування органічних і мінеральних добрив. Ефективність їх дії на продуктивність картоплі приблизно однакова. У структурі врожаю органічні добрива впливають на збільшення частки великих бульб, що потрібно враховувати при їх внесенні під насінні посіви.

У разі внесення гною під картоплю до нього потрібно додавати азотні добрива з розрахунку 1–1,5 кг азоту на кожную тонну гною. Слід також враховувати, що ранні сорти картоплі краще реагують на додаткове внесення азоту на фоні гною.

Норми мінеральних добрив під картоплю встановлюють залежно від рівня загального врожаю, агрохімічних показників родючості ґрунту, норми внесених органічних добрив та попередника. За даними Географічної мережі дослідів, оптимальною їх нормою (без внесення органічних добрив) на дерново-підзолистих ґрунтах є  $N_{120}P_{120}K_{90-120}$ , на світло-сірих і сірих лісових –  $N_{120}P_{90-120}K_{120}$ , на темно-сірих лісових і чорноземах вилужених та опідзолених  $N_{60-120}P_{60-120}K_{90-120}$ .

Розраховані норми фосфорних і калійних добрив, зокрема хлоровмісних, найкраще вносити восени під основний обробіток ґрунту, азотні – навесні за один прийом під час культивування або перед нарізанням гребенів.

Стрічкове внесення добрив у борозни під час садіння картоплі ефективніше порівняно із їх розкидним напередодні переорювання зябу. На заплавних і торф'янистих ґрунтах мінеральні добрива потрібно вносити лише навесні. Під час садіння їх вносять у дозі  $N_{20-40}P_{20-40}$  або  $N_{20-40}P_{20-40}K_{20-40}$  у вигляді

---

---

комплексних добрив або суперфосфату  $P_{20-40}$ . Верхня межа дози мінеральних добрив за локального внесення на суглинкових ґрунтах –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , на супіщаних –  $N_{90}P_{90}K_{90}$ . Рядкове удобрення є обов'язковим прийомом, що забезпечує приріст урожаю бульб 2,5–5,0 т/га.

Перенесення частини азотних добрив ( $N_{20-40}$ ) з основного удобрення для підживлення під час міжрядного обробітку картоплі за висоти кущів 15–20 см виправдане лише в районах з достатнім зволоженням або в умовах зрошення на піщаних і супіщаних ґрунтах. Підживлення картоплі азотом також проводять позакоренево в період від фази утворення бічних пагонів до цвітіння. Застосовують 6 % розчин карбаміду разом з 5 % розчином сульфату магнію, мікроелементів, пестицидів. Проводять 4–5 обприскувань з інтервалом у 7 діб.

Якість бульб картоплі залежить від багатьох факторів. Найвища їх крохмалистість спостерігається на неудобренних ґрунтах. Органічні добрива дещо знижують вміст крохмалю в бульбах.

Під час вирощування картоплі поряд із внесенням добрив у ґрунт застосовують замочування або обприскування бульб перед садінням комплексними добривами, які містять макро- і мікроелементи, проводять позакореневе підживлення ними у період вегетації: у фазу 7–10 розвинених листків, перед і після цвітіння, на початку бульбоутворення, особливо під час посухи і високого значення показника рН ґрунтового розчину. Перед позакореневим підживленням спочатку проводять тест на безпеку обпiкання рослин.

## 6.8. УДОБРЕННЯ РІПАКУ

Високі врожаї ріпаку вирощують на родючих ґрунтах за оптимальних норм внесення органічних і мінеральних добрив. Залежно від типу ґрунту рН повинно становити від 6,2 до 7,0. Низький врожай спостерігається на ґрунтах з рН нижче 5.5. За

---

---

показника рН більш як 6,5 знижується ушкодження ріпаку капустяною килою, але рослини страждають від нестачі мікроелементів. На створення 1 т насіння з відповідною масою соломки з ґрунту виноситься 50–60 кг N, 20–25 –  $P_2O_5$ , 40–50 кг  $K_2O$ , що значно більше, ніж виносять інші культури.

Ріпак добре реагує на післядію органічних добрив, унесених під попередник. Повну норму фосфорних і калійних добрив найкраще вносити після збирання попередника під час основного обробітку ґрунту. На ґрунтах із середнім рівнем забезпеченості рослин рухомими формами основних елементів живлення оптимальною нормою мінеральних добрив є  $N_{80-120}P_{60-90}K_{60-90}$ .

Ріпак належить до найвибагливіших культур до сірки.

Найкраще вносити сірчані добрива під основний обробіток ґрунту у нормі 30–80 кг/га д. р. Потрібно враховувати, що внесення високих норм сірки може підвищувати вміст глюкозинатів у насінні. На практиці можна орієнтуватися на норму внесення сірки, яка становить 1/4 норми азотних добрив. Зазвичай, вносять 30–40 кг/га сірки, а на фоні органічних добрив норму її знижують до 20 кг/га. Внесення сірки в ґрунт ефективніше, ніж позакореневі підживлення. Під ріпак, як і під інші капустяні культури, ефективно застосовувати сульфат амонію.

Позакореневі підживлення проводять лише за гострої нестачі сірки. Останній ефективний строк їх проведення – фаза початку цвітіння. При цьому вносять 6–8 кг/га сірки у вигляді сульфату амонію або колоїдної сірки. Повторне підживлення проводять лише після виявлення значної нестачі сірки, застосовуючи 10–30 кг/га сульфату магнію або сульфату амонію.

Найбільше ріпак реагує на азотні добрива. Під ріпак ярий їх зазвичай вносять під час передпосівної культивуації у нормах 80–120 кг/га д. р. У районах достатнього зволоження на ґрунтах легкого гранулометричного складу з метою оптимізації азотного живлення рослин азотні добрива доцільно вносити у два

---

---

прийоми: до початку сівби (50–60 кг/га д. р.) та для підживлення у фазі 4–6 листків.

Ріпак озимий з усієї кількості засвоєного азоту восени використовує 20%, на початку відновлення вегетації – 36, на початку цвітіння – 31, наприкінці вегетації – 10%. Виходячи з цього, під передпосівний обробіток ґрунту вносять азотні добрива у дозах 30–40 кг/га д. р. Це досить важливо, оскільки до зими рослини повинні мати 6–8 листків і стебло не більше або рівне 2 см з діаметром кореневої шийки 8–10 мм. Добре розвинені посіви за осінній період засвоюють 60–70 кг/га азоту, тоді як пшениця озима – 20 кг/га. Надмірне азотне живлення в цей період потіщує перезимівлю рослин. Підживлення ріпаку озимого азотними добривами пізніше 4–5 листків збільшує кількість води в тканинах, перешкоджає нормальному процесу загартування рослин. Якщо у вересні – жовтні рослини ріпаку слабкорозвинуті, їх листки світло-зелені, попередником є зернові культури з приороною соломою, виникає необхідність осіннього внесення азотних добрив. Візуальною ознакою для підживлення є наявність почервонілих чи жовтих листків на рослинах. У цьому випадку не пізніше першої декади жовтня вносять аміачну селітру (20–30 кг/га азоту) або проводять позакореневе підживлення 8–10 % розчином карбаміду.

Азот напровесні потрібно внести якомога раніше. У районах з достатнім зволоженням роздрібне (у 2 строки) внесення азотних добрив найефективніше.

З урахуванням попередників, рівня родючості ґрунту і запланованої врожайності за першого ранньовесняного підживлення вносять 80–100 кг/га азоту. Під час другого підживлення, яке проводять через 2–3 тижні після першого, зазвичай на початку росту стебла, але не пізніше початку цвітіння, вносять 40–80 кг/га азоту. Величину другої дози визначають різницею між розрахованою нормою азотних добрив і величиною першої дози. За умов недостатнього або нестійкого зволоження перенесення частини азоту добрив у друге підживлення є

---

---

неефективним. За умов достатнього зволоження проводять і третє підживлення перед цвітінням аміачною селітрою у дозі 30–40 кг/га д. р. Азот цього підживлення сприяє росту стручків і підвищує масу насіння ріпаку. Одночасно з внесенням пестицидів ріпак можна обробляти кілька разів 8–12 % розчином карбаміду (300 л/га) до фази цвітіння.

За врожайності 30 ц/га ріпак виносить з ґрунту 300–400 г бору, 1000–1800 г марганцю і 10–15 г молібдену. У залізі, цинкові і міді він не має підвищеної потреби. З усіх мікроелементів вирішальне значення має лише бор. Його нестача може викликати дуже раннє осипання бубонів і квіток. Зовнішні ураження рослин подібні до пошкодження ріпаковим квіткоїдом. Підживленню бором рослини потребують у період активного росту стебел і пагонів. Крім того, підживлення проводять на початку цвітіння, що значно зменшує осипання квіток. Таке обприскування можна поєднати з обробкою інсектицидами. Доза внесення борних добрив 200–400 г/га д.р.

## 6.9. УДОБРЕННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

*Особливості живлення овочевих культур.* Вирощування різних овочевих культур у різних ґрунтово-кліматичних умовах потребує диференційованого підходу щодо розроблення системи застосування під них добрив. Проте є і деякі загальні закономірності їх вирощування. Всі овочеві культури добре реагують і дають вищі врожаї на окультурених ґрунтах, що мають сприятливі агрофізичні властивості та агрохімічні характеристики, достатньо гумусовані, зі слабкислою або нейтральною реакцією середовища. Ранні теплолюбні овочеві культури найкраще ростуть і розвиваються на прогрітих легко- і середньосуглинкових ґрунтах, пізні – менш вибагливі до гранулометричного складу ґрунту. Для овочевих культур використовують відповідне групування ґрунтів за рівнем забезпе-

ченості рослин рухомими сполуками елементів живлення (табл. 6.1) і вищими нормами добрив.

Таблиця 6.1

**Групування ґрунтів за вмістом рухомих сполук елементів живлення для овочевих культур, мг/кг**

Забезпеченість рослин елементами живлення	Азот гідролізований сполук за методом		Нітрифікаційна здатність (за методом Кравкова)	Вміст рухомих сполук фосфору за методом			Вміст рухомих сполук калію за методом		
	Тюріна-Кононової	Корнфілда		Кирсанова	Чирикова	Мачипіна	Кирсанова	Чирикова	Мачипіна
Дуже низька	40–50	150–200	8–15	50–100	50–100	15–30	80–120	40–80	200–300
Низька	50–70	>200	15–30	100–150	100–150	30–45	120–170	80–120	300–400
Середня	70–100	–	30–60	150–250	150–200	45–60	170–250	120–180	400–600
Підвищена	>100	–	>60	>250	>200	>60	>250	>180	>600

За вимогами до умов живлення овочеві культури поділяють на такі групи: дуже вибагливі – огірок, цибуля, часник, морква, петрушка, перець, баклажан, капуста цвітна і брюсельська, салат; вибагливі – капуста білоголова і кольрабі, помідор, буряк столовий, шпинат, селера, квасоля, гарбуз, кабачок; середньовибагливі – горошок зелений, редиска, редька, щавель.

Урахування кількості, динаміки та інтенсивності засвоєння елементів живлення овочевими культурами дає змогу вирішити питання їх удобрення, а знання змін у співвідношенні між елементами під час вегетації рослин – точніше встановити дози добрив для їх підживлення у різні фази розвитку.

Різні овочеві культури потребують різної концентрації солей в ґрунті. Під деякі культури можна підвищувати норми добрив без завдання їм шкоди. Досить чутливі до концентрації

---

---

солей (< 0,4 %) огірок, цибуля, часник, морква, редиска, капуста червоноголова, горох овочевий, квасоля, кукурудза. Під них найкраще вносити гній, а мінеральні добрива у невисоких нормах поєднувати з органічними. До солестійких належать культури, що формують врожай за концентрації солей в ґрунті 0,4–0,6 % – помідор, перець, капуста білоголова, редька. Буряк столовий, баклажан, гарбуз, кавун – дуже солестійкі культури. Вони витримують вміст солей 0,6–0,8 % і добре реагують на мінеральні добрива, органічні добрива можна вносити під попередник.

Реакція рослин на концентрацію ґрунтового розчину великою мірою залежить від властивостей ґрунту, насамперед від буферності й вологемності, а також від вмісту органічних речовин, які зумовлюють їх вбирну здатність. Так, висока концентрація солей у торф'яному ґрунті не пригнічує овочевих культур, а ті самі норми на супіщаному ґрунті припиняють їх ріст.

Для більшості овочевих культур кислотність ґрунту допускається не нижче за  $pH = 5,5$ , ступінь насиченості основами – не менш як 75–80 %. Вміст обмінного алюмінію має не перевищувати 30–40 мг, а для таких культур, як цибуля, часник, салат, шпинат – 10 мг/кг ґрунту.

На середньокислих ґрунтах ( $pH = 5,0–5,5$ ) можуть рости помідор, редиска, редька, щавель. Переносять слабокислу реакцію ( $pH = 5,5–6,0$ ) морква, огірок, горох, гарбуз. Потребують ґрунтового середовища, близького до нейтрального ( $pH = 6,0–6,5$ ) капуста, баклажан, хрін. Ґрунтів з нейтральною реакцією потребують буряк столовий, перець, часник, салат, квасоля, шпинат, селера, спаржа.

**Застосування добрив.** У сівозмінах, де вирощують овочеві культури, вапнування проводять з таким розрахунком, щоб воно мало найбільшу дію на культури, які на нього сильно реагують, і меншу – на ті культури, які потерпають від надлишку кальцію (морква, петрушка, редька, помідор, кабачок, редис). Добрі



---

---

результати дає підтримувальне вапнування із щорічним внесенням 1–1,5 т/га вапна або 2–3 т/га через рік. На слабо- і середньосолонцевих ґрунтах вносять 4–5 т/га гіпсу.

Основну кількість органічних, фосфорних і калійних добрив вносять під час осіннього обробітку ґрунту, азотні – навесні. На піщаних і супіщаних ґрунтах калійні добрива також доцільно вносити навесні.

У господарстві під овочеву сівозміну органічні добрива в необхідних кількостях виділяють у першу чергу. На органічні добрива дуже добре реагують культури, чутливі до концентрації ґрунтового розчину: морква, цибуля, огірок. Під столові коренеплоди не рекомендують вносити свіжий і слабоперепрілий гній, оскільки це може спричинити гілкування коренеплодів, що знижує їх товарну якість. Тому під них використовують або перегній (20–30 т/га), або їх вирощують на 2–3-й рік після внесення гною. Під цибулю також вносять лише перегній (30–40 т/га) або перепрілий гній. Свіжий гній можна вносити під попередник. Під огірок, навпаки, краще вносити свіжий гній, який, крім елементів живлення забезпечує рослини вуглекислим газом, що виділяється у процесі його розкладання.

Загалом під овочеві культури з тривалим вегетаційним періодом краще вносити напівперепрілий гній, а під ранні – перепрілий або вносити його під попередник.

За ефективністю використання мінеральних добрив основні овочеві культури можна розмістити в такому порядку: буряк столовий, капуста, помідор, морква, огірок, цибуля.

Під час сівби дрібнонасінних і ранніх культур можна також застосовувати добрива в дозі  $N_{10}P_{10}K_{10}$ . При цьому потрібно вносити або лише один фосфор у вигляді суперфосфату гранульованого, або відразу 2–3 елементи у складі комплексних добрив. Добриво у рядках має бути за 2–3 см від насіння. Разом з насінням можна вносити лише суперфосфат гранульований, зменшивши його дозу вдвічі. На рядкове внесення добрив найкраще реагують редька, шпинат, салат,

---

---

кріп, морква, буряк столовий. Під моркву і цибулю ріпчасту в рядки вносять лише фосфор (у вигляді суперфосфатів), під огірок, буряк столовий, помідор, капусту білоголову – повне мінеральне добриво. Під час садіння розсади добрива можна вносити з поливною водою (концентрація розчину до 0,2 %).

Якщо в основне удобрення внесено не всі добрива, то проводять підживлення азотом, за потреби — повним добривом під час міжрядного обробітку ґрунту. Підживлення проводять і в інших випадках: в районах достатнього зволоження на ґрунтах легкого гранулометричного складу; в умовах зрошення за тривалого періоду вегетації рослин; за високих норм мінеральних добрив, коли разове внесення може підвищити концентрацію ґрунтового розчину до критичної межі, і тим самим негативно вплинути на ріст рослин (морква, цибуля, огірок). Перше підживлення (за потреби) проводять через 10–15 діб після висаджування розсади, друге – через 2–3 тижні у період інтенсивного росту рослин. Добрива вносять культиваторами-рослинопідживлювачами: за першого підживлення на відстань 6–8 см від рослин на глибину 5–8 см (щоб рослини не присипалися ґрунтом), за другого – у середину міжрядь на глибину 10–12 см. В умовах зрошення добрива загортають у ґрунт до початку поливання. Добрі результати дає внесення добрив з поливною водою.

Отже, система удобрення овочевих культур має бути спрямована на підвищення їх продуктивності та родючості ґрунту; отримання продукції з високими смаковими і товарними показниками якості, допустимим вмістом нітратів, підвищення термінів її зберігання.

**Удобрення капусти.** Серед різних підвидів капусти найпоширеніша білоголова, сорти якої за тривалістю вегетаційного періоду поділяють на ранньо-, середньо- і пізньостиглі. Вона добре росте на родючих ґрунтах зі слабкислою і нейтральною реакцією ( $\text{pH} = 6,5\text{--}7,3$ ). На кислих ґрунтах капуста уражається килою, причому рання сильніше, ніж пізня. Тому

---

---

такі ґрунти обов'язково вапнують. Меліорант вносять під попередник або безпосередньо під капусту. Пізньостиглі сорти капусти вибагливіші до родючості ґрунту, ніж ранньо- та середньостиглі.

Порівняно з іншими овочевими культурами для формування врожаю капуста використовує значно більше елементів живлення. Особливо багато вона потребує азоту і калію. Під час удобрення різних сортів капусти не слід допускати надлишку азоту, оскільки при цьому в головках підвищується вміст нітратів, унаслідок чого різко погіршується їх лежкість. За нестачі в живленні рослин азоту і калію не слід допускати також надлишку фосфору, бо головки капусти під час зберігання уражуються некрозом, сірою гниллю та іншими хворобами.

У період вегетації капуста споживає елементи живлення нерівномірно. Так, у перший місяць після садіння вона їх засвоює досить повільно, але вибагливість рослин до вмісту їх рухомих форм у ґрунті велика. За цей час капуста засвоює близько 10 % азоту, 7 – фосфору і 8 % калію загальної потреби. Найінтенсивніше вона їх засвоює за час формування головки, коли відбувається посилене накопичення сухих речовин. За цей період, який триває 1,5–2 міс., капуста поглинає близько 80 % азоту, 86 – фосфору і 84 % калію максимального їх вмісту в урожаї. Отже, висока вибагливість капусти до родючості ґрунту зумовлюється її підвищеною потребою в елементах живлення та їх інтенсивним використанням за порівняно короткий період, тобто у процесі формування головки.

Незалежно від тривалості вегетації сорти капусти використовують приблизно однакову кількість елементів живлення на 1 т головок і відповідну нетоварну частину врожаю, кг:  $N - 4,1$ ,  $P_2O_5 - 1,4$ ,  $K_2O - 4,9$ .

Хоча капуста може давати високі врожаї на фоні мінеральних добрив, вона досить позитивно реагує і на внесення 30–40 т/га гною або 40–50 т/га компосту. Більше реагують на внесення гною середні й пізні сорти капусти. Це пояснюють

---

---

поступовим розкладанням гною і підвищеною потребою капусти в елементах живлення у період формування головки. Ранні сорти капусти краще розміщувати після добре удобрених гноєм попередників або безпосередньо вносити під них лише перепрілий гній. Свіжий гній вносити недоцільно, оскільки затягується досягання головок. Високий ефект дає місцеве внесення перегною (8–10 т/га) – в ямки під час садіння розсади капусти, зокрема на малородючих ґрунтах. Підвищені норми гною і повне мінеральне добриво забезпечують отримання високого врожаю капусти, прискорюють її досягання, що має велике значення для вирощування ранньої товарної продукції. У разі внесення лише гною капуста відчуває насамперед нестачу азоту, тому потрібно додатково вносити мінеральний азот. На чорноземних ґрунтах Лісостепу і Степу за нестачі гною пізню капусту можна розміщувати після угноєних попередників. Норми азотних добрив у цьому разі підвищують на 15–20, а фосфорних і калійних – на 25–30 %.

Найвищий врожай капусти отримують за поєднання внесення під неї гною і мінеральних добрив. У цьому разі спостерігається рівномірне і найповніше забезпечення капусти елементами живлення. Під час вирощування ранніх сортів капусти під зяблевий обробіток ґрунту на фоні органічних добрив вносять  $P_{60-90}K_{60-90}$ , азотні добрива – під час передпосівної культивуації до 120 кг/га д. р. Якщо під ранню капусту не було внесено достатньої кількості добрив, рослини двічі підживлюють мінеральними добривами у дозі  $N_{15-20}P_{20}K_{20}$ ; перший раз через 8–10 діб після садіння розсади, другий – у період зав'язування головок. Для підживлення можна використовувати органічні добрива – гноївку (2–4 т/га) або птишиний послід (0,5–0,7 т/га), заздалегідь розбавивши їх водою у співвідношенні відповідно 1 : 4–5 та 1 : 10–15.

Під час вирощування середніх і пізніх сортів капусти оптимальні норми добрив можуть бути такими: на Поліссі (дерново-підзолисті ґрунти) – 40 т/га гною з  $N_{120-180}P_{120}K_{120-180}$ ;

---

---

у Лісостепу (на чорноземних ґрунтах) – 30–40 т/га гною з  $N_{80-120}P_{60-120}K_{60-120}$ ; у Степу –  $N_{120-180}P_{90-120}K_{90}$ . Крім того, капуста добре реагує на сірковмісні добрива.

Місцеве внесення добрив під час садіння розсади по 15 кг/га д. р. комплексних добрив (нітроамофоска, нітрофоска та ін.) підвищує врожайність капусти на 4–6 т/га.

У разі вирощування капусти безрозсадним способом, крім основного удобрення в рядки, під час сівби вносять водорозчинні фосфорні добрива у дозі 10–15 кг/га  $P_2O_5$ .

Підживлення проводять, якщо планується високий урожай, здебільшого азотно-калійними добривами з  $N_{20-25}K_{20-25}$  перед зав'язуванням головок.

З усіх підвидів капусти найвибагливіша до родючості ґрунту й удобрення капуста цвітна. Вона дуже схильна до ураження килою, тому її краще вирощувати на ґрунтах з нейтральною або слаболужною реакцією. Найкращим органічним добривом є перегній (40–50 т/га). Мінеральні добрива вносять під основний обробіток ґрунту і під весняну культивування у нормі  $N_{160-180}P_{90-120}K_{160-180}$ . Капуста цвітна має короткий вегетаційний період, тому її підживлення менш ефективне. На ґрунтах з підвищеним вмістом мінеральних форм азоту, зокрема на торф'яниках і лучно-болотних ґрунтах Полісся, вона потерпає від нестачі молібдену, утворює велику кількість листків. Це затягує вегетацію, внаслідок чого отримують продукцію низької якості. Тому при вирощуванні розсади капусти цвітної рослини у фазі 3–4 листків обприскують 0,02 %-м розчином молібдату амонію.

**Удобрення помідора.** Порівняно з іншими овочевими культурами, помідор менш вибагливий до умов вирощування, але потребує родючих ґрунтів, краще росте на ґрунтах легкого гранулометричного складу з високим вмістом органічних речовин та слабкислою або майже нейтральною реакцією ( $pH = 5,5 \dots 7,1$ ), добре реагує на вапнування, якщо показник  $pH < 5,5$ . Вапнування найкраще проводити доломітовим

---

---

борошном, дотримуючись норм, оскільки помідор погано переносить надлишок у ґрунті кальцію.

Інтенсивність засвоєння елементів живлення помідором залежить від темпу наростання сухої маси. У розсадний період він засвоює близько 2 % елементів живлення, а в період цвітіння їх надходження не перевищує 10–15 % загального засвоєння. Максимальне їх споживання припадає на період цвітіння – початок досягання плодів, коли вони використовують близько 84–87 % елементів живлення.

У період наливання і масового досягання плодів засвоєння елементів живлення уповільнюється. Їх наливання відбувається завдяки переходу елементів живлення з вегетативних органів. У плоди переходить 80 % елементів живлення від загальної кількості, засвоєних рослинами. Порівняно з іншими овочевими культурами помідор засвоює небагато елементів живлення. У розрахунку на 1 т плодів ранні сорти засвоюють 2,0–3,5 кг N, 0,7–0,9 –  $P_2O_5$  і 4–5 кг  $K_2O$ , середньо- і пізньостиглі – відповідно 3,5–4,5; 0,8–1,3; 5–6 кг.

Помідор добре реагує на безпосереднє внесення органічних і мінеральних добрив, а також внесення їх під попередники. Зі збільшенням норм гною підвищуються і врожаї культури. На бідних та еродованих ґрунтах Полісся і Лісостепу під помідор потрібно вносити 30–40 т/га напівперепрілого гною або компосту. Мінеральні добрива за ефективністю не поступаються органічним, а іноді й перевершують їх.

Вважають, що оптимальною нормою добрив у зоні Полісся є  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на фоні 30–40 т/га гною, у Правобережному Лісостепу –  $N_{45-60}P_{45-60}K_{45-60}$  на фоні 30–40 т/га гною, внесеного під попередник, у Лівобережному Лісостепу і Степу –  $N_{45}P_{45}K_{45}$  на фоні післядії 20–30 т/га гною. У разі внесення лише мінеральних добрив норму перевищувати недоцільно ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ). В умовах зрошення вносять 20–40 т/га гною та  $N_{60}P_{60}K_{45}$ , а коли гною не вносять –  $N_{120-140}P_{120}K_{60}$ .

---

---

Високоєфективним є внесення добрив ( $N_{10}P_{20}K_{10}$  або  $P_{20}$ ) у ямки під час садіння розсади. Це пояснюють безпосереднім їх розміщенням у зоні основної маси кореневої системи і швидким засвоєнням рослинами.

Якщо в основне удобрення під помідор було внесено недостатню кількість добрив або рослини слаборозвинені, позитивний ефект дає підживлення, зокрема в умовах зрошення чи в районах достатнього зволоження. Перше підживлення проводять через 10–14 діб після садіння розсади ( $N_{20}P_{20}K_{20}$ ), друге ( $N_{20}P_{20}K_{20}$ ) – під час цвітіння. Для підживлення помідора також ефективно використовувати органічні добрива: пташиний послід (0,7–1,0 т/га) або гноївку (2–4 т/га), розбавлені водою у співвідношенні відповідно 1 : 10–15 та 1 : 4–5. Під помідор, який вирощують без зрошення, всю норму добрива доцільно вносити одноразово.

За безрозсадного способу вирощування помідора під час сівби потрібно вносити 10–15 кг/га д. р. водорозчинних фосфорних добрив.

На ґрунтах з низьким вмістом рухомих форм мікроелементів вносять мікродобрива. Борні добрива ефективні на дерново-глейових, провапнованих і з нейтральною реакцією ґрунтах; цинкові – на дерново-підзолистих; марганцеві – на чорноземах.

**Удобрення огірка.** Порівняно з іншими овочевими культурами огірок характеризується невисоким виносом елементів живлення з ґрунту. На створення 1 т товарної продукції він використовує 3–4 кг N, 1–2 –  $P_2O_5$ , 4–5 кг  $K_2O$ . Проте високі темпи засвоєння елементів живлення під час плодоношення (85 % загального виносу) і скоростиглості спричиняє високу його вибагливість до поживного режиму.

Потрібно також враховувати, що рослини огірка надзвичайно чутливі до підвищеної концентрації ґрунтового розчину. Крім того, вони чутливі до кислої реакції ґрунту, оптимальне

---

---

значення для них  $pH = 6,4-7,0$ . Огірок добре реагує на внесення вапна під попередник – капусту або багаторічні трави.

Для формування високого врожаю дуже важливо забезпечити посилене мінеральне живлення огірка впродовж вегетаційного періоду. До настання масового плодоношення має закінчитися накопичення рослинами потрібної кількості мінеральних речовин. Нестача елементів живлення у початковий період негативно позначається на продуктивності рослин. Елементи живлення, що накопичуються у вегетативних органах, використовуються на формування плодів. Від швидкості формування огудини залежить величина врожаю плодів.

Особливістю живлення огірка є сильна реакція на внесення органічних добрив. Тому найкраще місце для вирощування огірка у сівоzmіні – поле, на яке внесли свіжий гній. Він є не лише багатим на поживні речовини добривом, а й субстратом, що виділяє тепло та вуглекислий газ у процесі розкладання, внаслідок чого поліпшується мікроклімат у зоні кореневої системи рослин.

Оскільки стебло огірка сланке, його листки, порівняно з іншими культурами, краще засвоюють вуглекислий газ, оптимальна концентрація якого в пригрунтовому повітрі становить 0,3–0,6 %. Лише внаслідок виділення із гною вуглекислого газу врожай огірка може підвищуватись майже на 40 % (Журбицький З.І., 1963). Слід також враховувати, що огірок, зокрема молоді рослини, за низької вологості ґрунту досить чутливий до підвищеної концентрації ґрунтового розчину, тоді як після внесення гною вона в ґрунті не створюється. Оптимальна норма гною під огірок на родючих ґрунтах становить 30–40 т/га, на бідних – 50–60 т/га. Максимальні врожаї огірка вирощують лише за поєднання внесення органічних і мінеральних добрив. Навіть невисокі норми мінеральних добрив, внесені на фоні гною, значно підвищують урожай огірка.

Оптимальною нормою мінеральних добрив під огірок є  $N_{60}P_{60}K_{90}$ . В умовах зрошення на фоні 40 т/га гною вносять



---

---

**N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>60</sub>.** Найкраще для огірків використовувати висококонцентровані форми добрив, що не містять хлору.

Ефективним прийомом є внесення добрив у рядки під час сівби (**N<sub>10</sub>P<sub>10</sub>K<sub>10</sub>** або **P<sub>10</sub>**). У разі недостатнього основного удобрення та коли спостерігається відставання розвитку рослин в умовах достатнього зволоження або зрошення їх можна підживлювати. Перше підживлення проводять після утворення 3–4 листків (**N<sub>15-20</sub>P<sub>15-20</sub>K<sub>15-20</sub>**), друге – завершують до початку розстилання огудини (**N<sub>20-30</sub>P<sub>20-30</sub>K<sub>20-30</sub>**). Досить ефективно підживлювати огірок розбавленими водою пташиним послідом або гноївкою, а також мікроелементами.

У разі утворення нестандартних плодів використовують борні добрива для позакореневого підживлення (200–250 г/га). Такий самий результат дає передпосівне оброблення насіння огірка 0,1 % розчином борної кислоти (за вмістом бору).

**Удобрення столових коренеплодів.** Морква столова найкраще росте і дає високі врожаї стандартних коренеплодів на супіщаних і суглинкових добре аерованих ґрунтах з високим вмістом органічних речовин, а також на заплавлених окультурених ґрунтах і торф'яниках. Моркву столову краще вирощувати в сівозміні на другий або третій рік після внесення гною. Безпосередньо під культуру не слід вносити слабоперепрілий гній, оскільки це може призвести до розгалуження, розтріскування коренеплодів, погіршення їх форми, зниження лежкості й товарної цінності.

Морква, порівняно з буряком столовим, менш чутлива до кислотності ґрунту, але добре реагує на вапнування при зниженні рН < 5,5. Для вирощування моркви оптимальним є рН 6–6,5. Водночас вона дуже чутлива до високої концентрації ґрунтового розчину.

Для формування врожаю морква використовує велику кількість елементів живлення. На 1 т коренеплодів і відповідної маси гички з ґрунту виноситься 3–4 кг N, 1–1,5 – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 4–6 кг K<sub>2</sub>O.

---

---

В основне удобрення після угноєних попередників мінеральні добрива вносять у нормі  $N_{60-90}P_{90}K_{90}$ , під час зрошення –  $N_{90}P_{120}K_{120}$ . Фосфорні та калійні добрива вносять під час оранки, а азотні – передпосівного обробітку ґрунту.

Якщо морква розвивається слабо або в основне удобрення внесено недостатню кількість добрив, то після формування густоти рослин проводять рядкове підживлення  $N_{15-20}P_{30}K_{20}$ .

Для вирощування буряку столового найпридатніші родючі легко- і середньосуглинкові ґрунти з показником  $pH = 6,5-7,3$ . Тому вже за  $pH < 5,8$  буряк дуже сильно реагує на внесення вапна.

У разі внесення підвищених норм вапна можлива хімічна іммобілізація мікроелементів, зокрема бору, що може не лише знизити врожай, а й призвести до захворювання буряку на серцевинну або сіру гниль та ін.

Буряк столовий добре реагує на органічні добрива, але під нього не слід вносити слабоперепрілий гній, оскільки це може призвести до галузнення коренеплодів і погіршення їх форми. Його краще вирощувати після угноєних попередників.

Під буряк столовий мінеральні добрива вносять у нормі  $N_{60-80}P_{60-90}K_{60-90}$ .

Крім основних елементів живлення, буряку часто не вистачає в ґрунті доступних сполук кальцію і магнію, мікроелементів, зокрема бору і марганцю.

**Удобрення цибулі.** Цибуля – одна з найвибагливіших до умов мінерального живлення овочева культура. Створити для неї оптимальний поживний режим ґрунту дуже складно. Це пояснюють тим, що цибуля має слаборозвинену кореневу систему, яка розміщена в малому об'ємі верхнього шару ґрунту і характеризується низькою здатністю засвоювати елементи живлення. За виносом елементів живлення з урожаєм цибуля поступається багатьом овочевим культурам. Так, на утворення 1 т товарної продукції вона засвоює з ґрунту 3–4 кг N, 1,2–1,7 –  $P_2O_5$ , 3–4,5 кг  $K_2O$ .

---

---

Отже, з елементів живлення цибуля найбільше використовує азоту, але за його надлишку, особливо в другій половині вегетації, досягання цибулин затримується, вони погано зберігаються взимку. Найбільше азоту цибуля засвоює у першій, калію – у другій половині вегетації. Слід також зазначити, що гострі сорти цибулі засвоюють більше азоту, солодкі, навпаки, більше потребують калію. Фосфорне живлення впродовж вегетації має бути рівномірним. Для утворення ароматичних речовин цибулі необхідна сірка, тому під неї найкраще застосовувати сірковмісні добрива – сульфат амонію, сульфат калію та ін.

Цибуля краще росте на окультурених супіщаних і легкосуглинкових ґрунтах. Вона досить чутлива до концентрації ґрунтового розчину та кислотності ґрунту. Оптимальна реакція ґрунтового розчину для неї становить  $\text{pH} = 6,7 \dots 7,3$ .

Цибуля, порівняно з іншими овочевими культурами, краще використовує елементи живлення з гною, ніж з мінеральних добрив. Гній рекомендують вносити лише перепрілий або перегній (30 т/га) під зяблеву оранку. Свіжий гній краще вносити під попередник. Високі норми гною, внесені під цибулю, зумовляють сильний ріст пера, затримують досягання цибулин. Норма мінеральних добрив під цибулю становить  $\text{N}_{90-120}\text{P}_{60-90}\text{K}_{90-120}$ , в умовах зрошення має не перевищувати  $\text{N}_{150}\text{P}_{150}\text{K}_{120}$ .

У зв'язку з високою чутливістю цибулі до концентрації солей у ґрунті високі норми добрив, які вносять в умовах зрошення, важливо розподіляти з урахуванням біологічних потреб культури. Фосфорні і калійні добрива вносять під зяблевий обробіток ґрунту за винятком частини фосфору (10–15 кг/га) для рядкового внесення. Найкращий строк першого підживлення азотом – фаза 2–3 листків, другого – на початку формування цибулин.

---

---

Якщо в основне удобрення було внесено недостатню кількість добрив, то під час першого підживлення вносять  $N_{20}P_{15-20}K_{15-20}$ , другого –  $P_{25}K_{25}$ .

## 6.10. УДОБРЕННЯ ПЛОДОВИХ І ЯГІДНИХ КУЛЬТУР ТА ВИНОГРАДУ

Плодові та ягідні культури – багаторічні рослини. Упродовж усього свого життя вони ростуть і плодоносять на одному місці. На відміну від польових і овочевих культур, які вирощують у сівозміні, вони з року в рік виносять з ґрунту одні й ті самі елементи живлення, потребують відповідної реакції ґрунтового розчину та допустимої концентрації солей. Тому в плодоносних садах і ягідниках основними заходами підвищення родючості ґрунтів є система застосування добрив та утримання ґрунту, а в умовах недостатнього та нестійкого зволоження – застосування зрошення.

Система удобрення плодових садів і ягідних кущів передбачає удобрення плодових і ягідних розсадників; окультурення ґрунту перед закладанням саду; внесення добрив під час садіння плодових дерев і ягідних кущів; удобрення молодого і плодоносного саду. Для суниці розрізняють удобрення маточних і ягідних плантацій.

*Особливості живлення плодових і ягідних культур.* Для росту та плодоношення плодових і ягідних культур сприятливі ґрунти з достатньою товщиною кореневмісного шару з оптимальним для функціонування кореневих систем властивостями (гранулометричний склад, щільність, водо- і повітропроникність) і показниками (реакція ґрунтового середовища, ступінь засоленості, забезпеченість рухомими сполуками елементів живлення).

Найсприятливішими для росту і розвитку плодових культур є слабокислі ( $pH = 5,5-6,5$ ) і близькі до нейтральних ( $pH = 6,5-7,5$ ) сірі й темно-сірі лісові ґрунти, чорноземи

---

---

опідзолені, видужені, типові і звичайні, а також жовтоземи й червоноземи. Важливо, щоб оптимальна реакція ґрунтового розчину була не лише у верхньому шарі ґрунту, а й глибше по його профілю, оскільки корені дерев можуть сягати дуже дужного горизонту.

Хоча плодові та ягідні культури не можна вважати досить чутливими до кислотності ґрунту, вона на них впливає негативно. За цією ознакою плодові дерева поділяють на дві групи: слива, вишня, черешня і абрикос, для яких необхідна нейтральна реакція (рН 6,5–7), яблуня і груша добре розвиваються на слабокислих ґрунтах (рН 5,5–6,5). Ягідні культури поділяють на три групи: рослини, які не переносять кислих ґрунтів і активно реагують на вапнування (смородина чорна, рН 6–6,5); рослини, які добре ростуть на слабокислих і нейтральних ґрунтах (суниця, рН 5,5–6); рослини, які не переносять надмірної кількості кальцію і потребують вапнування лише сильнокислих ґрунтів (малина, рН 5,5–6, агрус, рН 5–6).

Пороговим вмістом карбонату кальцію в ґрунті для насіннячкових і ягідних культур вважають 5–6 %, для кісточкових – 8–9 %. Проте на глибокопрофільних чорноземних ґрунтах, де гумусовий горизонт досягає 60–80 см і більше, насіннячкові породи можуть задовільно рости і плодоносити за вмісту карбонату кальцію до 20–30 %, а кісточкові – до 30–40 %.

Упродовж багаторічного життя плодове дерево проходить низку послідовних вікових змін, які значно різняться за реакцією на фактори зовнішнього природного середовища, зокрема на умови живлення. За біологічними і господарськими показниками виділяють три найхарактерніші періоди: від садіння до початку плодоношення; повне плодоношення; масове відмирання основних гілок, якого на практиці не чекають.

Тривалість першого періоду – від садіння до початку плодоношення – залежить від погодних умов, сортових особливостей, підщепи і якості саджанця. Наприклад, у вишні – це 2–3 роки; насіннячкових культур, щеплених на сильнорослих

---

---

підщепах, – 5–8 років. Плодові дерева на слаборослих підщепах і скороплідні сорти вступають у період плодоношення раніше. Так, яблуня, прищеплена на середньорослій вегетативній підщепі, починає плодоносити вже на 3–4-й рік, а на слаборослій – на 2–3-й рік.

Період до плодоношення характеризується посиленням ростом вегетативної частини дерева, інтенсивним розвитком скелетної частини кореневої системи та наростанням листкового апарату.

Ріст триває так інтенсивно, що майже всі продукти мінерального живлення повністю використовуються і не відкладаються про запас, причому ріст триває до пізньої осені, вегетація рослин часто затягується, виникає загроза їх підмерзання. У цей час коренева система рослин ще недостатньо розвинена, щоб інтенсивно використовувати елементи живлення з ґрунту. Тому рослини чутливі як до нестачі, так і до їх надлишку. Система удобрення молодого саду має ґрунтуватися на помірному забезпеченні рослин елементами живлення в легкодоступній формі. Досить високий рівень азотного живлення посилює ріст вегетативної маси і затримує вступ рослин у період плодоношення. Отже, в цей час важливо збалансовано застосувати добрива, щоб зрівноважити вегетативний і генеративний розвиток дерев.

Період повного плодоношення характеризується повільним ростом пагонів, посиленням утворенням плодоносних гілок і бруньок. Ріст основних гілок ослаблений, розміри крони збільшуються мало. Це період максимальної продуктивності, тому важливим є створення оптимальних умов для живлення дерев, що досягається систематичним внесенням добрив.

Отже, для прищивдження плодоношення молодих дерев важливо сприяти їх посиленому росту в перші роки, щоб сформувати крону за якомога коротші строки, тобто завдання отримання високих щорічних урожаїв слід вирішувати ще під час вирощування саджанців, забезпечувати закладання саду

---

---

рослинами зі сформованою в розсаднику кроною. Це досить важливо для насіннячкових культур. Для скороплідних кісточкових і ягідних порід у перший віковий період потрібно максимально сприяти росту пагонів для збільшення у них площі плодоношення та скорочення строків отримання високих урожаїв. Особливістю вирощування кісточкових порід є слабе удобрення молодих дерев азотом, бо вони й так інтенсивно ростуть, особливо черешня.

Якщо перший віковий період потрібно максимально скоротити, то другий – період плодоношення, важливо максимально подовжити.

Характерною особливістю всіх плодових і ягідних культур є закладання генеративних бруньок у попередній, що передує плодоношенню, рік. Тому в періоді плодоношення виділяють дві фази: у першій відбувається закладання плодових бруньок, у другій – цвітіння і формування плодів. Для щорічного плодоношення потрібно, щоб поряд з формуванням урожаю плодів і ягід у поточному році відбувалося закладання генеративних бруньок для врожаю наступного року. Це досягається комплексом агротехнічних заходів, серед яких важливе місце належить системі удобрення, яка має враховувати динаміку потреб рослин в елементах живлення впродовж вегетації.

За вегетаційний період плодові культури засвоюють різні кількості елементів живлення. Максимальне їх засвоєння спостерігається двічі: навесні (до і після розбруньковування, цвітіння та утворення листового апарату) і восени (накопичення запасних поживних речовин і друга хвиля росту коренів: кінець вересня – початок жовтня).

Особливістю плодових культур у початковий період сезонного росту є відносно більше засвоєння фосфору порівняно з азотом і калієм, а в період інтенсивного росту пагонів – більше засвоюється азоту і фосфору. У період уповільнення росту більше засвоюється калію й азоту і менше – фосфору. Після

---

---

закінчення росту надземної частини більше споживається фосфору й калію й менше – азоту.

За своєчасного збирання врожаю, помірного азотного живлення, підвищеної доступності фосфору і калію з ґрунту триває період накопичення запасних поживних речовин, закладання плодових бруньок для щорічного плодоношення. Це також сприяє росту врожайності за рахунок розміру та якості плодів, швидкості їх досягання, морозостійкості дерев.

У плодових і ягідних культур може відбуватися процес реутилізації, тобто повторне використання елементів живлення, які знаходяться у вегетативних органах. Так, азот, фосфор, калій зі старіючих органів і тканин переходять у молодші, а з листків перед їх обпаданням восени – в гілки, стовбур і кореневу систему. Потім ці елементи повторно використовуються рослинами у наступний рік. Після розкладання обпалих листків поживні речовини знову стають доступними для рослин. Тому оцінювати винос елементів живлення плодовими і ягідними культурами й відповідно визначати потребу в добривах можна лише умовно. Для об'єктивнішого уявлення про характер живлення плодових та ягідних рослин і потребу їх в удобренні потрібно знати особливості поглинання елементів живлення за фенофазами впродовж вегетаційного періоду.

Для усунення періодичності плодоношення важливо в неурожайний рік створювати умови для зниження масового закладання плодових бруньок і стимулювати цей процес у рік високого врожаю плодів: своєчасне їх збирання; помірне азотне живлення за достатнього забезпечення фосфором і калієм; регулювання водозабезпечення системою утримання ґрунту і зрошення в поєднанні із захистом рослин від шкідників і хвороб.

У вологозабезпеченні та засвоєнні елементів живлення з ґрунту плодовими і ягідними культурами велике значення має розвиток їх кореневих систем. Так, у груші вона розміщується на більшій глибині, ніж у яблуні, у кісточкових порід ближче до поверхні, ніж у насіннячкових. Вертикальні корені плодових



---

---

культур можуть заглиблюватись більш ніж на 10 м. Діаметр кореневої системи (його визначають, поділивши вік дерева на 2), в 1,5–2 рази більший за діаметр крони, проте кількість коренів у межах проекції крони в 3–4 рази більша, ніж за її межами. Розмір кореневої системи дуже залежить від підщепи.

Корені смородини чорної залягають переважно у верхніх (до 60 см) шарах ґрунту і лише невелика їх частина досягає глибини 1,5 м. У шарі ґрунту до 10 см у смородини знаходиться половина коренів. У смородини червоної порівняно з чорною коренева система знаходиться глибше і розвинена краще. За потребою в елементах живлення у смородини виділяють три періоди: до початку плодоношення, початок плодоношення і повне плодоношення. Ця культура потребує достатньо збагаченого кальцієм ґрунту. Оптимальне значення показника рН 5,6–6.

Ріст смородини чорної і червоної навесні починається рано, коли в ґрунті ще низький вміст рухомих сполук елементів живлення. Тому кущі починають рости переважно з використанням запасів, відкладених у деревині й коренях. Цим пояснюють важливість живлення рослин у період після збирання врожаю. Рослини, що не утворили потрібного запасу вуглеводів, менш зимостійкі, гірше відростають навесні. У другій половині весни та влітку оптимальне живлення рослин потрібне для підтримання сильного росту пагонів, досягання ягід і закладання плодових бруньок для врожаю наступного року.

В агрусу коренева система переважно розміщена на глибині 5–40 см. Він вибагливіший, ніж смородина, до рівня калійного живлення, але чутливий до хлоровмісних калійних добрив. На ґрунтах легкого гранулометричного складу агрус може відчувати нестачу магнію, що усувається внесенням доломітового борошна (на кислих ґрунтах) або інших магнієвмісних добрив.

Малина має мичкувату кореневу систему, основна маса якої розміщується в шарі ґрунту 10–30 см. Вона вибаглива до

---

---

родючості ґрунту, негативно реагує на високу концентрацію солей у ньому, різниться високим виносом елементів живлення, що пояснюють утворенням великої кількості пагонів і відмиранням після збору врожаю майже половини надземної маси. Особливо важливий для малини рівень фосфорного живлення. Фосфор і калій найінтенсивніше засвоюються у період цвітіння і зав'язування ягід, пізніше засвоєння їх значно знижується, тоді як споживання азоту триває і після закінчення збирання врожаю.

Суниця характеризується високим рівнем засвоєння елементів живлення, хоча з урожаєм ягід відчужується незначна їх кількість. Коренева система у неї мичкувата, розгалужена, з довгими кореневими волосками. Основна маса її (понад 80 %) розміщена у шарі ґрунту 0–20 см. За споживанням елементів живлення у суниці виділяють два критичні періоди: навесні, коли відбувається диференціація і закладання квіткових бруньок, і восени, наприкінці вегетації, коли закладаються плодові бруньки і росте коренева система. У ці періоди суниця має бути добре забезпечена елементами живлення, особливо азотом і фосфором. Максимальну кількість елементів живлення вона засвоює під час цвітіння і плодоношення.

Плодові культури переважно забезпечуються елементами живлення із запасів ґрунту. Після внесення добрив усувається або зменшується дефіцит елементів, яких не вистачає для оптимального забезпечення рослин. Нестачу чи надлишок елементів живлення визначають діагностичними методами (візуально, за хімічним складом окремих органів рослини чи проведенням ґрунтової діагностики). Під час вирощування плодових і ягідних культур потрібно знати забезпеченість рослин елементами живлення та враховувати, в яких ґрунтово-кліматичних умовах може виникати їх нестача або надлишок.

***Підготовка ґрунту і внесення добрив під час садіння саду та ягідників.*** Під сади і ягідники бажано вибирати ділянки, де вони до цього часу не росли. Якщо ґрунт недостатньо родючий,

---

---

то краще за 2–3 роки до садіння провести його окультурення, яке передбачає вапнування, внесення органічних добрив, вирощування багаторічних трав і сидеральних культур. Насамперед на ділянку вносять 40–100 т/га органічних та по 90–120 кг/га д. р. фосфорних і калійних добрив, проводять плантажну оранку. Норму вапнякових добрив розраховують на весь орний шар ґрунту, причому  $\frac{2}{3}$  норми вапна краще заорати, а решту – загорнути культиватором у верхній шар ґрунту. Потім ділянку засівають багаторічними бобовими травами або бобово-злаковими травосумішами. У рік закладання саду зелену масу останнього укосу заорюють.

Ділянку з родючим ґрунтом готують за 3–5 міс. до садіння. Навесні висівають сидерати (люпин, горох, фацелію, ріпак та ін.), у фазу бутонізації їх заорюють. Перед сівбою сидератів вносять  $N_{60-90}P_{90-120}K_{90-120}$ . У разі сівби бобових азотні добрива не вносять.

Під час закладання садів за безпосереднього окультурення ґрунту на присадибних ділянках добрива вносять лише при садінні в траншеї та садивні ями, а ґрунт у міжряддях окультурюють у наступні роки.

Місцеве внесення добрив під час садіння забезпечує елементами живлення деревця і куці у перші роки життя. Особливо важливий цей захід, якщо добрива не вносили у процесі підготовки ґрунту.

Садивні ями під яблуню і грушу копають завширшки 1,0–1,2 м і завглибшки 0,6 м, для вишні й сливи – 0,8–0,6 м, для ягідних куців – діаметром 0,5–0,6 м та завглибшки 0,3–0,4 м. Під яблуню й грушу в яму вносять 30–40 кг перегною або компосту, під вишню й сливу – 15–25, смородину – 8–10, агрус – 10–12 кг. Слаборозкладений гній використовувати не можна, оскільки внесений на велику глибину, він розкладається в анаеробних умовах з утворенням шкідливих недоокиснених сполук, що може погіршити приживання саджанців. Якщо під яблуню і грушу внести вказану вище кількість органічних добрив, зокрема

---

---

на ґрунтах з підвищеною і високою забезпеченістю рухомими формами фосфору і калію, мінеральні добрива можна не вносити.

Норми фосфорних і калійних добрив, які вносять у садивну яму, залежать від забезпеченості ґрунту рухомими сполуками цих елементів. За середньої забезпеченості під яблуню й грушу вносять по 40 г  $P_2O_5$  і  $K_2O$ , за низької – до 60 г кожного елемента. Перевищення цих норм не виправдане: врожай не підвищується, а на ґрунтах з високим вмістом фосфору виявляються ознаки розетковості яблуні (переважно на слаборослих підщепах). Ця хвороба розвивається за нестачі цинку після внесення надмірних норм фосфору. Надмірний рівень фосфорного живлення також несприятливо впливає на доступність для рослин міді. Надлишок калію затримує надходження кальцію, магнію та деяких мікроелементів. Тому норми фосфорних і калійних добрив потрібно диференціювати залежно від їх вмісту в ґрунті.

Норми фосфорних і калійних добрив під сливу і вишню у зв'язку з меншим розміром садивних ям, порівняно із насаджуваними, зменшують удвічі. У перші роки життя саджанці плодових культур достатньою мірою забезпечують азотом з ґрунту та з органічних добрив, тому азотні добрива не вносять.

Для ягідних кущів (смородини й агрусу) в садивну яму вносять 20–30 г фосфору, 10–15 г калію. Норми диференціюють залежно від вмісту рухомих сполук цих елементів у ґрунті.

Для засипання ям використовують лише верхній гумусовий шар ґрунту, а підорний – розкидають у міжряддях. Органічні добрива рівномірно перемішують з усім ґрунтом, який використовують для засипання ям. Дві третини фосфорних і калійних добрив висипають на дно ями і перекопують, решту – перемішують з ґрунтом, яким засипають нижню половину ями. Кожен саджанець плодових культур поливають 20–30 л води,

---

---

після чого пристовбурні круги мульчують торфом, компостом, перегноем або сухим ґрунтом.

*Удобрення молодого і плодоносного саду.* Достатнє передсадивне застосування добрив гарантує нормальний ріст дерев у перші 2–3 роки. Якщо ріст уповільнюється, навесні перед розпушенням ґрунту вносять азотні добрива в дозі 4–5 г азоту на 1 м<sup>2</sup> пристовбурного круга.

У саду в перші 4–5 років добрива вносять у пристовбурний круг, у промислових садах – у пристовбурову смугу. Потім зону внесення збільшують, розкидаючи їх по проекції крони.

У чотирирічного дерева пристовбурний круг (діаметр 2–2,5 м) приблизно в два рази менший за крону, у 4–6-річного (діаметр 2,5–3 м) – у півтора разу. Пристовбурні круги утримують під чистим паром, їх краще мульчувати торфом або компостом.

Починаючи з 3–4-го року життя дерев, у пристовбурні круги один раз на 2–3 роки вносять гній або компост із розрахунку 6–8 кг/м<sup>2</sup>, або 30–40 кг на одне дерево. Можна також використовувати сухий пташиний послід – 100–250 г/м<sup>2</sup>, азотні і калійні добрива – 9 г/м<sup>2</sup>, фосфорні – 6 г/м<sup>2</sup>.

Фосфорні й калійні добрива вносять восени під обробіток ґрунту або навесні, азотні – у два строки – 2/3 навесні у період інтенсивного росту коренів і пагонів та 1/3 у середині літа. Норма азотних добрив здебільшого становить 60–90 кг/га д. р.

З початком плодоношення збільшується винос елементів живлення із саду. Якщо в перші роки після садіння саджанців у живленні всіх плодових культур переважає азот, то пізніше яблуня і груша виносять більше калію, тому норми калійних добрив під насіннячкові поступово збільшують.

Система утримання ґрунту в міжряддях плодового саду може бути паровою, паро-сидеральною або дерново-перегнійною (газотною), в пристовбурових смугах – паровою. Удобрення плодових дерев під час плодоношення залежить від багатьох факторів, основними з яких є величина очікуваного врожаю,

---

---

грунтово-кліматичні умови вирощування, вік плодових дерев, зрошення, система утримання міжрядь, сорти, щільність насадження.

Середні норми добрив для плодоносних садів за парової системи удобрення ґрунту становлять: для насіннячкових культур – гній 10 т/га +  $N_{80-100}P_{60-90}K_{90-120}$ , для кісточкових – гній 10 т/га +  $N_{60-90}P_{40-60}K_{60-90}$ . Органічні добрива вносять у нормі 30–40 т/га один раз на три роки. Як доповнення до органічних добрив доцільно використовувати в міжряддях (у проміжні роки) сидерати, особливо за достатнього забезпечення ґрунту вологою та в умовах зрошення. На ґрунтах з невеликим вмістом фосфору і калію поправковий коефіцієнт для середньої норми добрив становить 1,3, з підвищеним вмістом – 0,75, з високим – 0,5. Фосфорні й калійні добрива дають високий ефект при їх внесенні у період спокою (з осені до початку вегетації). Якщо це не вдалося зробити восени, їх потрібно заробити напровесні в пристовбурні круги на глибину 10–15 см або в міжряддях – до 20 см. Особливо обережно потрібно обробляти ґрунт під насадженнями на слаборослих підщепах, коренева система яких розміщена близько до поверхневі.

Насіннячкові культури на ґрунтах, середньозабезпечених фосфором, помірно реагують на фосфорні добрива, а за високого вмісту калію – дуже слабо і на калій. Фосфорні та калійні добрива можна вносити і про запас на 2–3 роки.

Норми азотних добрив під насіннячкові культури коригують з урахуванням погодних умов: у холодний і вологий рік їх збільшують на 20–30 %, у сухий і теплий – наполовину зменшують. Надлишок азоту в другій половині вегетації може затримувати досягання плодів і знижувати морозостійкість дерев. Найкращі результати дає роздрібне внесення азоту: 40 % норми напровесні, 30 – після цвітіння і 30 % – восени. Дуже важливо створити оптимальне живлення для плодових дерев під час другої хвилі активного росту коренів (кінець вересня – початок жовтня), коли накопичуються резервні поживні

---

---

речовини, від чого залежать морозостійкість, ріст і врожайність рослин у наступному році. Добрива, внесені восени, використовуються деревами до настання зими, а в незамерзлих шарах ґрунту коренева система росте і використовує елементи живлення і взимку. Тому доцільно вносити до 30 % азотних добрив восени після збирання врожаю.

Норми азотних, фосфорних і калійних добрив можна коригувати з використанням ґрунтової і листкової діагностики. За доброго стану дерев (велике зелене листя, оптимальний приріст однорічних пагонів тощо) агрохімічне обстеження ґрунту проводять на 4–5 рік, за незадовільного стану – через 2 роки.

В умовах залуження міжрядь саду фосфорні й калійні добрива краще вносити в запас на 2–3 роки, оскільки внесені поверхнево вони будуть використовуватися лише травами. При цьому обов'язково проводять поливання та азотне підживлення. Норми азотних добрив встановлюють з урахуванням потреб багаторічних трав.

За паро-сидеральної системи утримання ґрунту в саду навесні його обробляють за типом чорного пару, а в середині літа на зелене добриво висівають однорічні культури (люпин, вико-вівсяну суміш, фацелію тощо). Перед сівбою трав у ґрунт вносять по 50–60 кг/га азоту, фосфору і калію (під бобові азотні добрива не вносять). Загортають сидерати восени або навесні, вносячи для прискорення їх розкладання 40–50 кг/га азоту. Зазвичай сидерати висівають раз на три роки. Щоб збільшити доступність добрив, їх вносять локально – у свердловини, борозни, канави тощо. Восени застосовують 7–8 % концентрацію добрив, під час вегетації – 3–5 % концентрація.

Для оптимізації мінерального живлення плодових культур проводять позакореневі підживлення макро- і мікроелементами: розчином карбаміду, солями кальцію проти гіркої ямчастості, розчинами мікроелементів за ознаками їх нестачі. Найкращий час для обприскування рослин – ранок або вечір, а в

---

---

похмуру погоду і вдень. Оброблення розчином карбаміду ефективно тоді, коли очікується високий урожай і закладання квіткових бруньок внаслідок нестачі азоту знаходиться під загрозою. Обприскування проводять через 8–10 діб після цвітіння. Для яблуні використовують 0,4–0,5 % розчин карбаміду, для груші – 0,20–0,25, сливи – 0,6–0,8, вишні – 0,4–0,8, персика – 1,2–2,0 %. Для запобігання опікам до однієї частини карбаміду додають 1,4 частини вапна. Крім карбаміду, для обприскування застосовують 2–3 % розчин суперфосфату подвійного та 1 % розчин сульфату калію.

Проти гіркої ямчастості та бурої гнилі подів яблуні й груші сад 6–8 разів обробляють 0,5–1 %-м розчином нітрату або хлориду кальцію. Перше підживлення проводять відразу після розпускання листків.

За слабого ураження яблуні розетковістю внаслідок нестачі живлення цинком ефективні 2–3-разові позакореневі підживлення 0,3–0,5 % розчином сульфату цинку.

За дуже низького вмісту в ґрунті водорозчинного бору (менш як 0,1 мг/кг) зменшується зав'язування плодів, виникає опробковіння. Це можна усунути позакореневим підживленням 0,05 % розчином борної кислоти.

У вересні–жовтні після збирання врожаю на початку обсіпання листя плодів дерева позакоренево обприскують 4 % розчином карбаміду для додаткового забезпечення дерев азотом і боротьби з грибними захворюваннями.

Позакореневі підживлення плодових культур поєднують з обробленням пестицидами проти шкідників і хвороб. За поєданого застосування кількох мікроелементів норму кожного зменшують удвічі.

**Удобрення ягідних культур.** Смородина, порічки, агрус поширені в усіх зонах садівництва на різних типах ґрунтів. Проте найкращими для вирощування смородини є суглинки важкого і середнього гранулометричного складу, для вирощування агрусу і порічок – суглинки легкого гранулометричного



---

---

складу. Порівняно з іншими ягідними культурами, смородина чутлива до підвищеної кислотності ґрунту. Найкраще вона росте на ґрунтах з показником  $\text{pH} = 6 \dots 6,5$ . Аґрус добре росте і плодоносить за  $\text{pH} = 5,5$ , але чутливий до нестачі калію. Слабоокультурені, кислі підзолисті та засолені ґрунти для вирощування промислових насаджень цих культур непридатні.

Перед закладанням плантацій ягідних культур під оранку вносять 100–150 т/га органічних добрив (гній, торфокомпост, сидерати, а також фосфорні й калійні добрива в нормах, розрахованих для доведення вмісту рухомих сполук фосфору і калію до оптимального рівня).

На добре окультурених ґрунтах смородина чорна й аґрус в перші роки не потребують внесення фосфорних і калійних добрив. Можна обмежитися внесенням лише азотних. Для формування сильних кущів навесні до розпускання бруньок на плодоносних плантаціях їх вносять у дозі 60 кг/га д. р. та 30 кг/га після збирання врожаю. Середні норми добрив на плодоносних плантаціях смородини – гній 10–15 т/га +  $\text{N}_{60-90}\text{P}_{90-120}\text{K}_{60-90}$ , аґрусу – гній 10–15 т/га +  $\text{N}_{60-90}\text{P}_{60-90}\text{K}_{90-120}$ . Органічні добрива в нормі 20–30 т/га вносять раз у два роки. Смородина вибагливіша до рівня фосфорного живлення, аґрус – до калійного. Потрібно також враховувати, що смородина і порічки чутливі до наявності хлору. За низького забезпечення рослин фосфором і калієм середні норми добрив збільшують на 25 %, за підвищеного – наполовину зменшують. У рік внесення органічних добрив мінеральні добрива не застосовують.

Добрива під аґрус і смородину можна також вносити в борозни під час оранки (за 25–30 см від кущів), яку проводять раз у 3–4 роки. При цьому загортають гній, фосфорні та калійні добрива. Азотні добрива застосовують щороку – навесні під культивуацію. За високих урожаїв їх вносять у два строки: напровесні та у фазу зеленої зав'язі, а за краплинного зрошення в три: напровесні 30 %, під час формування врожаю – до 40 і в післязбиральний період – до 35 %.

---

---

Малина досить добре реагує на удобрення. Біологічно зумовлене щорічне відмирання майже половини надземної частини рослин призводить до значного виносу з ґрунту елементів живлення, які мають бути повернені у вигляді добрив. Малина дуже чутлива до внесення органічних добрив. Тому перед закладанням плантації вносять 100–150 т/га органічних та 90–120 кг/га д. р. фосфорних і 120–150 кг/га д. р. калійних добрив.

Найкращий період внесення азотних добрив під малину – наповесні, органічних (мульчування) – після розпушування ґрунту, фосфорних і калійних – восени. Норма мульчі (торф, компост) – близько 60 т/га один раз на 2–3 роки. Фосфорні та калійні безхлорні добрива можна вносити навесні разом з азотними. Добрива у міжряддях малини загортають на глибину 12–15 см.

Позакореневе підживлення ягідних кущів можна проводити 0,3–0,5 % розчином карбаміду, 1–2 % – сульфату калію, 2–3 % суперфосфату, 0,02–0,05 % розчином мікродобрив. Під час обприскування рослин потрібно більше зволожувати нижній бік листків, оскільки при цьому елементи живлення з розчину засвоюються інтенсивніше.

**Суніцю** вирощують на всіх основних типах ґрунтів, придатних для вирощування плодових і ягідних культур, упродовж 2–3 років. Найкращими для суніці є ґрунти легкого гранулометричного складу, але вона може давати високий урожай і на ґрунтах важкого гранулометричного складу за ретельного утримання їх у пухкому стані. Непридатні для її вирощування ґрунти важкого гранулометричного складу, які запливають, сильно ущільнені, карбонатні та засолені.

До реакції ґрунтового середовища суніця не дуже чутлива, але найкраще вона росте за показника рН 5,5...6,0. Кислі ґрунти (рН < 5,2) вапнують. З органічних добрив краще використовувати напівперепрілий гній, перегній і добре визрілий компост у нормі 50–80 т/га. Їх заорюють за 10–15 діб до висаджування. Не можна використовувати свіжий гній, оскільки

---

---

він погано перемішується з ґрунтом, коріння доторкається до нього і погано приживається, крім того, рослини можуть випадати. Тому свіжий гній вносять лише під попередник. На плантаціях суниці досить ефективне мульчування ґрунту з розрахунку 30 т/га перегною або інших органічних добрив (торфу, соломистого гною, соломи, сухої трав'янистої маси, хвої) завтовшки не менш як 5 см. Мульча захищає ґрунт від пересихання, надмірного ущільнення та заростання бур'янами. Практикують також суцільне зимове мульчування насаджень суниці подрібненою зі соломою злакових культур.

Фосфорні й калійні добрива можна вносити про запас разом з органічними, але їх можна вносити і щороку. У першому випадку середні їх норми становлять по 100–120 кг/га д. р., у другому – по 40–50 кг/га д. р.

Якщо ґрунт окультурений, то в перший рік вирощування суниці добрив зазвичай не вносять. Проте якщо рослини відстають у рості, навесні вносять 30–40 кг/га азоту. За надмірного азотного живлення вегетативна маса рослин може занадто розвиватися, що негативно впливає на процес плодоношення. На другий – третій роки половину азотних добрив (45 кг/га д. р.) вносять напровесні, другу половину – разом з фосфорними і калійними ( $N_{45}P_{60}K_{60}$ ) після збирання врожаю. Крім того, на третій рік після збирання врожаю і одразу після скошування листків вносять фосфорні та калійні добрива в нормі по 30–50 кг/га д. р. Добрива слід вносити так, щоб їх якомога менше потрапляло на рослини (для запобігання опікам) і вони добре загорталися в ґрунт.

Якщо рекомендована кількість добрив не забезпечує нормального росту і плодоношення, їх норму збільшують на 20–30 %, а за надмірного росту надземної маси – відповідно зменшують.

**Удобрення виноградників.** Виноград росте на різних типах ґрунтів, але високі врожаї дає на родючих відмінах за доброї вологозабезпеченості. Основна маса кореневої системи вино-

---

---

граду розміщується в шарі 10–60 см. У північних умовах вирощування, а також в умовах зрошення корені розвиваються ближче до поверхні. Ці особливості слід враховувати під час внесення добрив у ґрунт.

Засвоєння елементів живлення виноградом упродовж вегетації розтягнуто. Так, азот і фосфор засвоюються інтенсивніше у період цвітіння, тоді як добове поглинання азоту під час досягання ягід різко знижується.

Максимальне накопичення в рослинах винограду азоту збігається із завершенням росту вегетативних органів, а фосфору і калію – з періодом технічної стиглості ягід. У динаміці 75 % річного споживання рослинами азоту засвоюється від початку розпускання бруньок до початку цвітіння, 20 % – від цвітіння до початку досягання ягід і 5 % – від збирання врожаю до завершення вегетації. У різні фази росту й розвитку винограду засвоєння основних елементів живлення відбувається у різних співвідношеннях: частка азоту загальної суми NPK до кінця вегетації знижується, а калію – зростає. Зміна частки надходження калію завжди протилежна зміні частки азоту.

Органи плодоношення у винограду починають формуватися в попередньому році й завершуються у наступному – перед розпусканням бруньок. Тому недостатня забезпеченість рослин елементами живлення в першу половину вегетації може спричинити сильний їх відтік у ягоди, отже, ослабити формування квіткових бруньок та знизити врожай у наступному році. На формування 1 т грон винограду використовується 5–8 кг N, 1,5–4 –  $P_2O_5$ , 4–8 кг  $K_2O$ .

Система удобрення винограду передбачає внесення добрив під плантажну оранку та під час садіння, удобрення молодих розсадників і плодоносних виноградників.

Якщо під насадження виноградників відводять ділянки, звільнені від садів, вибракуваних виноградників зі слабоокультуреними ґрунтами, то ґрунт потрібно окультурити 2–3-річним вирощуванням багаторічних бобових трав. За потреби

---

---

проводять хімічну меліорацію ґрунтів. Під плантажну оранку на чорноземах вносять по 30–40, а на малородючих ґрунтах по 40–60 т/га гною з одночасним додаванням фосфорних добрив у нормі 100–120 кг/га д. р. На малородючих ґрунтах Закарпаття вносять 60–80 т/га гною і  $P_{150-200}K_{150-200}$ . Плантажну оранку проводять за 4–6 міс. до садіння.

Під час садіння в ямки діаметром 40–60 см та завглибшки 60 см на дно насипають горбик землі, змішаної з 3–5 кг перегною, 10–20 г аміачної селітри, 100 г суперфосфату гранульованого і 50 г калію хлористого. Присадивне внесення добрив позитивно впливає на приживлення саджанців, поліпшує розвиток надземних органів і кореневої системи, пришвидшує плодоношення.

Якщо добрива внесли під плантажну оранку та під час садіння саджанців, то в перші роки добрива в молодих виноградниках не застосовують. На 3–4 рік вносять лише азотні добрива в нормі 30–40 кг/га д. р. Якщо добрив під плантажну оранку не внесли, то їх вносять щороку по 20–80 кг/га NPK залежно від вмісту рухомих сполук елементів живлення у ґрунті.

У плодоносних виноградниках періодично, один раз на 4–5 років розпушують ґрунт у міжряддях на глибину 50–55 см з одночасним внесенням добрив. Система удобрення залежить від ґрунтово-кліматичних умов. На чорноземах південних і звичайних суглинкових та каштанових ґрунтах систему удобрення розраховують на три роки. Для цього всю площу виноградника ділять на три рівні частини і на кожну з них вносять добрива, чергуючи за роками як у полях сівозміни. У перший рік в основне удобрення вносять азотні добрива у нормі 60–120 кг/га д. р. На другий рік улітку проводять підживлення (перед цвітінням, після цвітіння та на початку досягання ягід)  $N_{20}P_{20}K_{20}$ , а восени застосовують гній у нормі 20 т/га; на третій рік проводять підживлення, як на другому.

У період вегетації винограду проводять 2–3 кореневі підживлення у такі строки: до початку сокоруху, перед

---

---

цвітінням і на початку досягання ягід. У перші два підживлення вносять  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , у третє – лише  $N_{30}$ . Добрива вносять у вигляді концентрованого водного розчину із розрахунку 1000–1200 л/га.

Плодоносні виноградники доцільно 2–3 рази за сезон підживлювати позакоренево макро- і мікроелементами. Перше оброблення проводять після цвітіння 0,5 % розчином макродобрив з додаванням 0,5 кг/га комплексних мікродобрив (бор, марганець, цинк) у хелатній формі. Перед обприскуванням обов'язково перевіряють розчин на можливість опіків, оскільки молоді листки дуже чутливі до хімікатів. Ще важливіші за періодом розвитку винограду два наступні підживлення. З початком інтенсивного росту грон на 1 га вносять 6 кг  $KNO_3$  і 1 кг поліхелатів мікроелементів, розчинених у 600 л води. Позакореневе підживлення можна поєднувати з внесенням фунгіцидів, заздалегідь перевіривши розчин на можливі опіки листків. Наступне оброблення проводять за місяць до збирання врожаю 2 % розчином  $KNO_3$ , тобто 12 кг/га. При застосуванні поліхелатів мікроелементів стежать, щоб показник рН робочого розчину був 5,7–5,8, якщо використовувати хелати заліза у формі Fe-ЕДТО. Хелат заліза у формі Fe-ДТПО добре засвоюється за показника рН розчину 6,8–7,0.

## **6.11. ОСОБЛИВОСТІ УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ**

Ефективне використання рослинами елементів живлення з ґрунту і добрив залежить від забезпеченості їх водою. Обидва ці фактори тісно пов'язані між собою і переважно визначають рівень окультуреності ґрунту, який значно залежить від діяльності людини.

Застосування добрив на зрошуваних землях має свої особливості. Велике значення тут мають органічні добрива. Це зумовлено не лише вищою доступністю їх елементів живлення, а й тим, що на зрошуваних землях першими вирощують

---

---

культури, які ефективно реагують на безпосереднє внесення під них добрив – буряк цукровий, кукурудза, овочі, картопля, кормові культури.

Замість гною для удобрення сільськогосподарських культур в умовах зрошення можна використовувати сидерати, заорювати залишки соломи, стебла соняшнику, кукурудзи, сої та ін. Сидеральні культури (редька олійна, горох, вико-горохова суміш, тощо) краще розміщувати після збирання ранніх колосових культур. Для цього можна використовувати отаву таких культур, як еспарцет, буркун, люцерна. Під пізні ярі культури доцільно використовувати озимі, наприклад, жито.

Мінеральні добрива на зрошуваних землях застосовують у підвищених нормах. При цьому їх не завжди обов'язково вносити у вологий шар ґрунту. Тут система удобрення будується з урахуванням спеціалізації сівозміни, забезпеченості ґрунту рухомими сполуками елементів живлення і його гранулометричного складу, режиму зволоження і рівня залягання підґрунтових вод на зрошуваних масивах. На всіх типах ґрунтів в умовах зрошення сільськогосподарські культури найбільше потребують азоту. Застосування азотних добрив в оптимальному співвідношенні з іншими видами добрив сприяє підвищенню врожаю зернових і кормових культур в 1,5, іноді у 2 рази. Фосфорні добрива – менш ефективні. Про те на фоні азотних добрив вони здатні підвищувати врожай на 20–30 % (залежно від вмісту рухомих фосфатів у ґрунті). Застосування калійних добрив під зернові культури і багаторічні бобові трави малоефективне.

В умовах зрошення велике значення мають строки внесення добрив. Органічні, фосфатні й калійні добрива під усі культури сівозміни вносять під зяблевий обробіток ґрунту. Азотні добрива, для запобігання втрат азоту, вносять навесні перед сівбою. Найкращими в умовах зрошення з їх форм є карбамід, сульфат амонію, аміак водний і безводний.

---

---

На зрошуваних землях широко застосовують підживлення рослин та внесення мікродобрив. Певна частина мікроелементів надходить з внесенням органічних добрив, зокрема гною. Проте високий рівень живлення рослин макроелементами потребує, відповідно, і поліпшення живлення мікроелементами. Всі культури, які вирощують на зрошуваних землях, потребують застосування мікродобрив, особливо тих, що містять марганець, мідь, молібден, цинк.

Для підвищення ефективності мінеральних добрив на зрошувальних землях слід керуватися такими положеннями:

- вносити мінеральні добрива в рядки та з поливною водою, що забезпечує найбільшу їх віддачу;
- застосовувати нейтральні та фізіологічно кислі мінеральні добрива, а також нові форми добрив з високим меліоративним ефектом;
- застосовувати оптимальні норми, дози, строки і способи внесення азотних добрив (карбаміду, сульфату амонію тощо);
- використовувати мінеральні добрива з урахуванням отримання високої якості продукції;
- широко застосовувати комплексні мікродобрива та місцеві сировинні ресурси;
- у пожнивних посівах розширювати площі сидеральних культур, що підвищує біологічну активність ґрунту та накопичення рухомих органічних речовин;
- застосовувати біологічні препарати, які сприяють фіксації атмосферного азоту та мобілізації рухомих сполук фосфору з ґрунту (ризоторфін, фосформобілізуючі бактерії та ін.).

Як уже зазначалося, в умовах зрошення досить ефективним прийомом є внесення мінеральних добрив, розчинених у поливній воді (фертигація). Добрива, які вносять з поливною водою, мають відповідати таким вимогам:

- добре розчинятися без утворення шламів, тобто бути хімічно чистими;



- 
- 
- характеризуватися стійкістю проти розкладання мікроорганізмами;
  - містити елементи живлення в доступній для рослин формі;
  - не взаємодіяти з ґрунтовим вбирним комплексом;
  - забезпечувати використання рослинами елементів живлення не менш ніж на 80–95 %;
  - не спричинювати корозії елементів зрошувальної системи;
  - мати властивість для застосовування в розчинах із широким інтервалом показника рН (2,0–7,5);
  - мати здатність змішуватися з пестицидами, з розчинами мінеральних добрив та іншими агрохімікатами, не змінюючи при цьому рівень доступності для рослин елементів живлення;
  - для використання в захищеному ґрунті добрива, крім того, мають бути відсутні іони  $\text{SO}_4^{2-}$  і  $\text{Na}^+$  та домішки хлору, миш'яку, фтору тощо.

Із азотних добрив для фертигації найбільше використовують карбамід, із фосфорних — амофос, із калійних — калій хлористий та сульфат калію. Особливо ефективні рідкі комплексні добрива. Промисловість нині випускає спеціальні водорозчинні добрива на хелатній основі, збалансовані за макро- і мікроелементами. Крім того, добрива різняться великою кількістю марок, де враховано культури, фази росту й розвитку рослин, їх фізіолого-біохімічні потреби, реакцію ґрунтового розчину, хімічний склад поливної води тощо.

Якщо на полі рослинного покриття немає, то розчини добрив можна вносити будь-якої концентрації. Проте при підживленні культур потрібно дотримуватися допустимих концентрацій добрив у поливній воді, оскільки вони контактують з надземною частиною рослин. Просапні овочеві культури чутливіші до підвищеної концентрації добрив, ніж зернові колосові. Водночас чутливість рослин відносно пошкодження розчинами добрив знижується від ранніх стадій їх росту й

---

---

розвитку до більш пізніх. У суху і теплу погоду концентрація добрив має бути вдвічі нижчою, ніж у вологу і прохолодну. Крім того, менш шкідливі для рослин малі краплини поливної води, ніж великі.

Нешкідливими для рослин вважають розчини добрив у поливній воді, концентрація яких становить до 0,3 % (3 г/л). Найбільше пошкоджує рослини аміак. Карбамід можна використовувати у вищих концентраціях, відсоток: для огірка – 0,3–0,4; помідора і кукурудзи – 0,4–0,6, капусти і картоплі – 0,8–1,0, буряку – 1,5–2,0; зернових – 5–10, люцерни – 2,5. Під час застосування добрив з поливною водою відпадає потреба в автомобільних і тракторних агрегатах, усувається додаткове ущільнення ґрунту та механічне пошкодження культурних рослин, удвічі знижуються грошові витрати і вчетверо підвищується продуктивність праці.

Сучасне промислове вирощування плодових, овочевих та інших культур, зокрема в умовах недостатнього і нестійкого зволоження, пов'язано із широким застосуванням крапельного зрошення. До позитивних факторів крапельного зрошення належать: висока економічна і технологічна ефективність, економне використання водних ресурсів (50–90 %) порівняно з традиційним зрошенням дощуванням, можливість регулювання глибини зволоження, зниження ризику ураження рослин хворобами, відсутність ґрунтової кірки, зменшення забур'яненості, можливість одночасного з поливанням внесення мінеральних добрив в оптимальних нормах і співвідношеннях елементів живлення у відповідні фази росту й розвитку рослин. При цьому економиться 15–35 % добрив у перерахунку на одиницю продукції та запобігається забруднення ґрунтових вод і повторне засолення ґрунтів. Під час розрахунку норм добрив для основного внесення за виносом елементів живлення з урожаєм для азотних добрив при фертигації застосовують коефіцієнт 1,1, фосфорних – 1,6, калійних – 1,2–1,4, тоді як за традиційних способів внесення сухих добрив відповідно 1,2; 1,9–2,3 і 1,6–1,8. У

---

---

свою чергу, фертигація підвищує ефективність водоспоживання, оскільки за однакової поливної норми врожай значно вищий. Під час фертигації добрива в кілограмах на 1 га можна подавати рослинам із розрахунку на один день з урахуванням періоду росту рослин і потрібного співвідношення елементів живлення у водному розчині.

Нині найпоширеніші три системи подавання добрив у поливну систему:

- 1) система місткостей, які працюють під тиском;
- 2) система Вентурі;
- 3) система інжекторних насосів.

*Систему місткостей*, що працюють під тиском, ще називають *балонною*. При цьому способі добрива засипають у місткості 50–200 л для розчинення їх проточною поливною водою. У місткості надходить лише частина води, яка розчиняє добрива і знову повертається в магістральні поливні трубопроводи. Система дає змогу міняти марки добрив та встановлювати різні дози їх внесення. Основний її недолік – площа внесення добрив за один полив обмежена масою добрив у місткості. Рівномірність розподілу добрив на зрошуваний ділянці також невисока. Проте ця система досить ефективна для внесення добрив під багаторічні плодові, а також овочеві та інші культури на ґрунтах важкого і середнього гранулометричного складу.

Балонна система проста в експлуатації. Місткість заправляють на 2/3 об'єму і проводять внесення добрив упродовж перших 2/3 часу поливання, що забезпечує достатнє промивання рештою води системи крапельного поливу.

*Система Вентурі* працює на основі насоса інжекторного типу Вентурі. Це вакуумне обладнання, яке, у свою чергу, подає розчин добрив у систему трубопроводів. Добрива використовують у вигляді маточних розчинів підвищеної концентрації. Система добре забезпечує невелике подавання розчинених

---

---

добрив з великою точністю в поливну воду. Система Вентурі прийнятна для фертигації овочевих культур.

*Система інжекторних насосів* досконаліша і точніша, але її вартість порівняно з попередніми системами вища. За її допомогою вносять лише рідкі концентровані розчини добрив у поливну воду. Насос відбирає необхідну кількість розчину добрив з місткості і вприскує його під тиском у магістральний трубопровід. Є системи, в яких насоси вприскують розчини добрив з різних ємкостей. Це також дає змогу з різних місткостей одночасно вносити несумісні (в одній місткості) добрива (кальцієву селітру і сульфатні добрива), а також кислоти для підкислення води і промивання крапельних ліній. З агрохімічного погляду – це найкраще вирішення всіх проблем живлення будь-якої культури на різних типах ґрунтів.

Фертигацію проводять упродовж усього циклу поливання або в середині – наприкінці його, але так, щоб наприкінці циклу фертигації була можливість подати чисту воду для промивання системи крапельного поливання.

Фертигація має низку переваг порівняно з традиційними методами внесення добрив:

- дає змогу підтримувати потрібний рівень концентрації елементів живлення в ґрунтовому розчині навіть у ґрунтах з низькими поглинальною здатністю і вмістом рухомих сполук елементів живлення;
- знижує затрати праці й витрати енергії на внесення добрив;
- дає змогу ефективно використовувати добрива без забруднення довкілля.

Застосування фертигації в системах краплинного поливання ставить певні вимоги до якості добрив. Використовують лише повністю розчинні їх форми без високого вмісту натрію, хлору та інших шкідливих домішок. Для фертигації широко застосовують прості й комплексні добрива, поліхелати мікродобрив, комплексні добрива різних марок, збагачені

---

---

мікроелементами в поліхелатній формі. Із мінеральних добрив, які виготовляються в Україні, для фертигації придатні аміачна селітра, карбамід, калійна селітра. Деякі форми добрив можна використовувати у вигляді водних витяжок, оскільки вони не повністю розчинні у воді. Потрібно також враховувати можливі хімічні реакції в розчині добрив, щоб запобігати утворенню таких шкідливих сполук, як  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ .

Програма фертигації має враховувати тип ґрунту та наявність у ньому рухомих сполук елементів живлення. На основі агрохімічного аналізу ґрунту і рівня запланованого врожаю складають програму внесення добрив. Вона може ґрунтуватися лише на застосуванні фертигації або внесенні частини добрив під час обробітку ґрунту – основне удобрення + фертигація.

На піщаних і супіщаних ґрунтах усю норму добрив вносять методом фертигації. На середньосуглинкових ґрунтах та на ґрунтах важкого гранулометричного складу – різних підтипах чорноземів і опідзолених ґрунтів – за низького і середнього рівня забезпечення рослин елементами живлення застосовують поєднання основного удобрення і фертигації, а за високого забезпечення – застосовують лише фертигацію. В основне удобрення вносять до 10 % азоту, 40% фосфору і 30 % калію загальної норми добрив.

В умовах зрошення поживний режим ґрунту і живлення рослин мають певні особливості, які потрібно враховувати під час складання системи удобрення. Особливої точності потребує внесення азотних добрив у зв'язку з можливим надмірним накопиченням нітратів у плодах, овочах і ягодах та у питній воді.

Дотримання великої точності норм фосфорних і калійних добрив менш важливо, оскільки надлишок фосфору і калію фіксується ґрунтом. З овочевих культур на фосфорні добрива найбільше реагують морква, цибуля ріпчаста, салат головчастий, квасоля кущова, цибуля-порей та ін. Під час розрахунку норм

---

---

фосфорних і калійних добрив можна враховувати післядію внесеного у попередній рік фосфору в розмірі до 15 %, калію – до 10 %.

У зв'язку з високим рівнем врожаю на масивах з краплинним зрошенням, поряд з макроелементами, овочеві культури потрібно забезпечувати достатнім рівнем їх живлення мікроелементами. Так, до нестачі молібдену особливо чутлива капуста цвітна, бору — буряк столовий, селера та капуста різних видів. Проте за високого вмісту бору в поливній воді (більш як 0,5 мг/л) спостерігається отруєння ним овочевих рослин.

Вносити елементи живлення у вигляді поливного розчину можна в концентрації, яка не перевищує величину осмотичного тиску кореневої системи кожного виду рослин, а також у певному співвідношенні і величини концентрації окремих елементів живлення. Це є основою для оптимізації надходження елементів живлення в рослини і, відповідно, належного врожаю. Високу ефективність фертигації за краплинного зрошення пояснюють регулярним (1–2 рази на тиждень або частіше) надходженням у ґрунт збалансованого розчину, доступного для кореневої системи. Фертигація впродовж усього періоду вирощування дає змогу оптимізувати подавання добрив і води пропорційно до темпів росту рослин. Вегетаційний період овочевих культур умовно поділяють на три періоди:

- 1) від початку сівби і садіння до наростання достатньої вегетативної маси;
- 2) від початку цвітіння до початку зав'язування, а потім наливання плодів;
- 3) від початку достигання до періоду всього плодоношення.

Зазвичай, під час 2 і 3-го періодів вегетації вносять невелику кількість добрив з розрахунку 1–3 кг азоту, 0,5–1 –  $P_2O_5$  і 1 – 6 кг  $K_2O$  на 1 га щоденно залежно від культури.

Особливістю плодівих культур є зміна засвоєння елементів живлення як упродовж вегетаційного періоду, так і їх

---

---

балансу в різні періоди росту насаджень. Використовуючи фертигацію, можна програмувати впродовж вегетації подавання водорозчинних елементів живлення в необхідних пропорціях і кількостях.

Особливістю проведення фертигації плодових культур є те, що дерева освоюють великий об'єм ґрунту, тому за основного внесення добрив під обробіток ґрунту можна періодично застосовувати фертигацію, на відміну від овочевих культур, тобто плоді насаджень менш чутливі до періодичного внесення добрив під час фертигації. Починаючи з ранньої весни, фертигацію застосовують до середини літа і завершують за 1–1,5 міс. до збирання врожаю. Для поліпшення лежкості плодів насіннячкових культур азотні добрива вносять у першій половині вегетації, але не пізніше ніж за 2 міс. до збирання врожаю. Середня норма добрив, яку вносять з фертигацією, в інтенсивних плодоносних садах варіює за нормами азоту в межах – 80–120 кг/га, за нормами калію – 100–140 кг/га. У післязбиральний період для поліпшення перезимівлі дерев з фертигацією вносять  $N_{20-25}K_{25-30}$ . Решту добрив вносять за основного внесення.

Для того, щоб фертигація була ефективною, потрібно правильно застосовувати технологію зрошення: в ґрунт слід вносити певну кількість води і чітко визначену кількість добрив. Надлишок води, тобто більше, ніж може поглинути коренева система рослин, призводить до вимивання добрив з ґрунту. Внесення добрив повинно відбуватися відповідно до плану поливання, а не навпаки.

Дані про потребу води, час процесу зрошення за продуктивністю крапельниць (л/год.), тривалість циклу поливання є основною інформацією для налагодження та експлуатації обладнання для внесення добрив.

Для фертигації потрібно застосовувати повністю розчинні добрива. Крім того, слід передбачати сумісність добрив у маточному розчині і за потреби провести його підкислення.

---

---

Робочі розчини різних форм мінеральних добрив мають різні показники рН. У свою чергу, вони залежить від рН води. Більшість добрив підкислюють розчин, а кальцієва і калієва селітри його підлугуюють. Високий показник рН води небажаний ( $>7,5$ ), оскільки карбонати кальцію і магнію та ортофосфати можуть осаджуватися на трубах і крапельницях. Для зниження показника рН розчину добрив, а іноді й чистої води до значення 5,5–6,0 застосовують кислоти. Більш низькі показники рН ( $<5$ ) шкідливі для розвитку рослин, оскільки підвищується концентрація алюмінію й марганцю в ґрунтовому розчині та виявляється їх токсичність.

## **6.12. ОСОБЛИВОСТІ УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР У ЗАХИЩЕНОМУ ҐРУНТІ**

### *Особливості живлення рослин у захищеному ґрунті*

Мінеральне живлення культур у захищеному ґрунті (тепліці, парники, утеплений ґрунт під плівковим укриттям) має свої специфічні особливості. Культури в умовах захищеного ґрунту вирощують на штучних ґрунтах і субстратах, які, на відміну від природних, характеризуються високим вмістом мінеральних речовин, чим забезпечується інтенсивне надходження елементів живлення в рослини. Потреба підвищеного вмісту елементів живлення у субстраті зумовлюється насамперед великим їх виносом з високими врожайми. Площа захищеного ґрунту використовується досить інтенсивно впродовж року. Крім того, культури захищеного ґрунту мають більшу надземну частину, їх висаджують досить густо, вони ростуть і розвиваються значно швидше і досягають більшої висоти (огірок і помідор до 20 м і більше), що при обмежених площах живлення можна досягти лише за інтенсивного збалансованого мінерального живлення.

Поглинання і засвоєння елементів живлення рослинами в умовах захищеного ґрунту також має свої особливості. Воно



---

---

залежить від температури й вологості субстрату і повітря та сонячної радіації. Велике значення має також вміст кисню та вуглекислого газу в ґрунті та надземній частині повітря. За всіх оптимальних факторів, створених для рослин, найбільший ефект від застосування добрив отримують за належного забезпечення кореневої системи киснем і водою. Застосування добрив і засвоєння елементів живлення не можна розглядати відірвано від процесу росту й розвитку рослин. Висока відносна вологість повітря, недостатня освітленість, зокрема у пізньоосінній і зимовий періоди, збільшує потребу рослин у калії та кальції. Тому підживлення калійними добривами і період недостатнього освітлення та обмеження рослин огірка азотним живленням поліпшують ріст і плодоношення цієї культури.

Мікроклімат у теплицях, основні фактори якого регулюють, впливає також на живлення рослин. Найважливішим серед них є температура і відносна вологість повітря. Так, зниження температури з 20 до 12°C затримує надходження в рослини фосфору на 50 %, а азоту – на 25 %, але надходження калію не зменшується. У разі зниження температури ґрунту до 10–12°C вбирна здатність коренів припиняється, що особливо небезпечно в період формування кореневої системи рослин. Відносна вологість повітря впливає на надходження в рослини кальцію. Зокрема, підвищена відносна вологість повітря вночі поліпшує живлення рослин капуста цим елементом.

*Ґрунти і субстрати для застосування в культивацийних спорудах.* Останнім часом все більшого розвитку набуває малооб'ємний метод вирощування рослин у захищеному ґрунті. Проте деякі тепличні комбінати і фермерські господарства ще й понині вирощують рослини на поживних ґрунтах.

Для вирощування основних культур у спорудах захищеного ґрунту використовують природні ґрунти, різні види торфу, суміші торфу із супіщаними або суглинковими ґрунтами, торфогноеві компости, суміш торфу з тирсою, деревні тирсу та кору, штучні й мінеральні субстрати.

---

---

В умовах промислового овочівництва до ґрунтів ставлять особливі вимоги. Так, вони мають добре утримувати рослини, мати стійку структуру та оптимальне співвідношення фаз (тверда – 20–30 %, рідка – 40–50, газоподібна – 30–35 % об'єму). Ґрунти також повинні мати високу ємність катіонного обміну – 500–1000 смоль/кг сухої маси, що дає змогу створювати більший запас елементів живлення та запобігти їх втратам від вимивання.

Природні ґрунти не задовольняють певні вимоги вирощування у теплицях культур унаслідок недостатньої пористості та високої щільності. Їх використовують лише після корінного поліпшення завдяки внесенню високих норм (300 т/га) органічних матеріалів (гнойовий компост, торф, кора, тирса, солома та ін.).

Досить широко у тепличному господарстві застосовують насипні ґрунти, основою яких є різні види торфів. Їх змішують з легкими природними ґрунтами, гнойовим компостом, різними розпушувальними матеріалами. Насипні тепличні ґрунти поділяють на три групи: органічні, мінеральні та органо-мінеральні.

Органічні ґрунти мають один або кілька органічних компонентів (торф, тирса, кора, солома, лігнін). Під час експлуатації ґрунтів на основі деревних відходів потрібно особливо стежити за азотним режимом, оскільки вони мають несприятливе співвідношення між вуглецем і азотом (якщо  $C : N = 25 : 1$ , спостерігається азотне голодування рослин).

Мінеральні насипні ґрунти складаються із гумусового горизонту природних ґрунтів легкого гранулометричного складу з додаванням невеликої кількості органічного матеріалу.

**Органо-мінеральні ґрунти** – це суміш торфуги та інших органічних матеріалів з мінеральним компонентом у різних співвідношеннях, що забезпечує отримання тепличного ґрунту з певною пористістю та щільністю нестабільної культури.

---

---

**Торф** – основний компонент ґрунтів. Проте не можна застосовувати торф з високим ступенем розкладання (понад 40 %) і високою зольністю (більш як 12 %), а також якщо він має 5–6 % валового або більш як 1 % рухомих сполук заліза.

Найсприятливіші властивості мають орґано-мінеральні ґрунти, які складаються із суміші торфу (50–60 %) з легкими супіщаними або піщаними ґрунтами (20–30 %) і гнойовим компостом (20–30 % за об’ємом). Суміші торфу з піском також мають низку позитивних якостей. Пісок легко і рівномірно змішується з торфом. У таких сумішах більше доступної вологи і краща водопроникність. Тому для тривалого використання готують ґрунт, що складається із суміші торфу (60–80 % за об’ємом), суглинку (20–40 %), піску (20–40 %) або суглинку (10–30 %) з додаванням 10–30 % піску.

Концентрація ґрунтового розчину є одним з основних показників придатності тепличних ґрунтів. Внесення в них необґрунтовано високих норм добрив різко підвищує концентрацію солей та осмотичний тиск розчину. У корінні тепличних рослин осмотичний тиск всмоктувальної системи може сягати 500 кПа. Якщо осмотичний тиск ґрунтового розчину більший за цю величину, перестає поглинатися вода і рослини в’януть, на листках можуть з’являтися опіки, а за більшого порушення процесу живлення настає плазмоліз, який призводить до загибелі рослин.

Важливою умовою високої продуктивності тепличних ґрунтів є наявність у них елементів живлення. З метою оцінки їх потенціальної родючості та керування умовами живлення рослин проводять бонітування ґрунтів. За бонітувальний стандарт прийнято ґрунт з такими показниками: шар ґрунту – 25–35 см; вміст органічних речовин – 20–30 %; щільність – 0,4–0,6 г/см<sup>3</sup>; оптимальний вміст макроелементів і водорозчинних солей; показник рН водної суспензії – 6,2–6,5; належний дренаж та відсутність глеевого шару вище, ніж 1 м.

---

---

Вирощування рослин без ґрунту (в штучно регульованих умовах) має багато переваг перед вирощуванням у звичайних ґрунтових теплицях. При цьому раціонально використовується площа теплиць, поліпшуються умови кореневого живлення, створюються умови водно-повітряного режиму, з'являються великі можливості для механізації та автоматизації виробничих процесів. Рослини без ґрунту вирощували дуже давно. Так,исячі сади у Вавилоні, плаваючі сади у Мехіко та у Китаї – це приклади “гідропонної” культури.

**Гідропоніка** – це вирощування рослин без ґрунту в інертних середовищах, таких як гравій, пісок, торф та інших, до яких додано поживний розчин, що містить усі необхідні для нормального росту й розвитку елементи живлення.

Основні недоліки гідропоніки такі: потреба високих початкових капіталовкладень; можливий розвиток хвороб (*Pythium*, *Fusarium*, *Verticillium*), які швидко поширюються в гідропонній системі; проблеми у забезпеченні оптимального живлення рослин. Проте всі ці недоліки повністю або частково можна вирішити.

До переваг гідропоніки належить стандартизація поживного розчину; будь-яке місце розташування теплиць; оптимальне регулювання водного і поживного режимів; економне використання матеріалів – субстратів, добрив; вищий урожай культур; екологічна безпечність технології.

За способами постачання до кореневої системи рослин повітря, води та елементів живлення, розрізняють такі методи гідропоніки: агрегатопоніка; водна культура; хемопоніка; іонітопоніка; аеропоніка.

**Агрегатопоніка** – вирощування рослин на твердих субстратах, які мають невелику вологоємність з періодичним подаванням розчинів мінеральних добрив.

---

---

У промислових масштабах цей метод найпоширеніший. Як субстрат, використовують подрібнений керамзит, пемзу, спучені вермикуліт або перліт, кам'яновугільний шлак, поліхлорвініл, гравій, гранітний щебінь та ін.

**Хемопоніка** – метод, близький до культури рослин на ґрунтосумішах, де як субстрат використовують верховий торф, сфагновий мох, деревну кору, тирсу, рисову лузгу, відходи бавовнику тощо.

Строк використання цих матеріалів – 1–2 роки. Проте кокосовий субстрат можна використовувати тривалий час. Хемопоніка не потребує спеціального обладнання. Мінеральне живлення здійснюється поверхневим поливанням поживним розчином.

**Іонопоніка** – метод, близький до агрегатопоніки. Субстрат складається з двох видів синтетичних іонообмінних смол – катіоніту та аніоніту. На відміну від агрегатопоніки, елементи живлення знаходяться у складі субстрату, тому рослини поливають лише чистою водою. По суті – це штучний ґрунт.

**Аеропоніка** – вдосконалений метод водної культури. Коренева система рослини розвивається в умовах закритого повітряного середовища, де через кожні 12–15 хв упродовж 5–7 с її обприскують поживним розчином з форсунок. При цьому методі корені рослин найкраще забезпечуються киснем.

**Застосування добрив у захищеному ґрунті.** У захищеному ґрунті з одиниці площі отримують у кілька разів вищий урожай, ніж у відкритому, тому система удобрення культур має характерні особливості. Добрива застосовують у значно вищих нормах, зокрема, більшу частину елементів живлення вносять упродовж вегетаційного періоду, щоб не створювати високою дозою основного удобрення підвищеної концентрації ґрунтового розчину.

У систему удобрення в захищеному ґрунті входять: основне внесення добрив перед садінням культур і підживлення

---

---

у період вегетації. Кількість добрив, яку потрібно внести, визначають двома методами: 1) за різницею між прийнятим оптимальним вмістом елементів живлення і фактичним вмістом у ґрунті; 2) за виносом елементів живлення з урожаєм з урахуванням коефіцієнтів використання їх з добрив і тепличного ґрунту. Розрахунки щодо внесення добрив проводять на основі агрохімічного аналізу ґрунту.

Розрахунок загальної потреби в елементах живлення проводять на основі виносу їх із запланованим урожаєм з урахуванням коефіцієнтів використання з внесених добрив (азоту і калію – 75–85 %, фосфору – 30–40 %). Коефіцієнт використання водорозчинних форм елементів живлення з ґрунту приймають за 100 %.

Під час внесення добрив потрібно стежити за зміною реакції ґрунтового розчину. Залежно від реакції тепличного ґрунту підбирають фізіологічно кислі або лужні добрива і кислоти – азотну, ортофосфору.

За потреби один раз у 4–7 років у захищеному ґрунті проводять вапнування.

У спорудах захищеного ґрунту широко застосовують внесення добрив з поливною водою (фертигація). Під час розроблення програми фертигації окремих культур враховують глибину орного шару ґрунту, його об'ємну масу і гранулометричний склад, найменшу вологостійкість, ступінь забезпеченості рослин рухомими сполуками основних елементів живлення, попередник і внесення під нього органічних, фосфорних і калійних добрив.

В основу розрахунку норм добрив беруть кількість елементів живлення, які потрібно внести з урахуванням рівня запланованого врожаю і родючості ґрунту. Винос елементів живлення з урожаєм, включаючи винос їх вегетативною масою (листки, стебла поточного року тощо), наведено в табл. 5.1.

Слід також враховувати післядію добрив, внесених у попередній рік, можливість засвоєння елементів живлення з

---

---

грунту. Розрахунки роблять з урахуванням того, що за краплинного поливання залежно від ширини міжрядь і ширини зони зволоження використовується лише 30–60 % площі поля.

Внесення розрахункової кількості мінеральних добрив поділяють на два етапи: основне внесення і фертигація. В основне внесення дають 10–20 % азотних, 50–70 – фосфорних і 30–50 % калійних добрив. Для основного внесення використовують різні форми добрив. Їх краще вносити стрічковим способом у зону майбутніх рядків овочевих або інших культур.

Про те, що рослини можуть рости і нормально розвиватися на штучних поживних середовищах, відомо давно. Вперше рослини на водному розчині солей виростив у 1859 р. німецький агрохімік В.Кноп. Російський фізіолог К.А. Тімірязєв зазначав, що у міру розвитку суспільства і засобів виробництва культура рослин без ґрунту буде набувати все більшого поширення як спосіб інтенсивного виробництва продуктів рослинного походження.

Вирощування рослин на поживних розчинах має низку переваг. Основна з них полягає у тому, що з водних розчинів рослина значно інтенсивніше поглинає елементи живлення, вилучаються трудомісткі процеси, пов'язані з використанням ґрунту, відпадає потреба заготовки, транспортування і його часткої заміни в теплицях. Замість ґрунту використовують штучні субстрати: дрібний щебінь, гравій, цеоліт, шлак, керамзит, мінеральну вату, кокосові волокна, які можуть використовуватися тривалий час без заміни. Полегшується також боротьба з хворобами і шкідниками рослин, спрощується догляд за рослинами, оптимізується процес живлення, частина трудомістких процесів може бути автоматизована. Тому вирощування овочів без ґрунту є одним із перспективних способів зниження собівартості тепличної продукції. Так, цей спосіб дає змогу знизити собівартість овочів на 30–40 % та підвищити їх урожай на 50 % при значно менших затратах праці, ніж під час вирощування на ґрунті.

---

---

*Принципи складання поживних розчинів.* Під час виготовлення живильних розчинів дотримуються правил, які сформулював ще Ю.Лібіх:

- усі обов'язкові елементи живлення для рослин рівнозначні, а виключення з розчину будь-якого з них спричиняє загибель рослин;

- кожний елемент живлення має своє специфічне значення, його не можна замінити іншим елементом, навіть близьким за хімічними властивостями;

- елементи живлення мають бути в оптимальних співвідношеннях, щоб запобігти шкідливому взаємовпливу між ними.

Елементи живлення в розчині мають бути в доступній для рослин формі, а загальна концентрація солей має становити від 1 до 3 г/л, тобто повинна бути значно нижчою за осмотичний тиск клітинного соку рослин, оскільки у разі її підвищення може припинитися поглинання рослинами води та елементів живлення. Впродовж вегетації рослин концентрацію поживного розчину змінюють. Так, навесні та влітку вона має бути нижчою, а восени та взимку – вищою.

Поживні розчини мають бути фізіологічно зрівноваженими і достатньо буферними, тобто такими, що не змінюють свого хімічного складу і показник рН.

Дотримання оптимального рівня показника рН є однією з важливих умов під час вирощування культур на гідропонії. У лужному розчині деякі елементи живлення, зокрема кальцій, залізо, цинк, бор і марганець, випадають в осад у вигляді малодоступних для рослин солей. Тому для кожної культури у відповідні періоди має бути своє значення показника рН. Так, для помідора до початку плодоношення рН 6,0–6,2, у період плодоношення рН 5,6–5,8, для огірка – відповідно рН 6,2–6,4 і рН 6,2–6,6. Значення показника рН розчину перевіряють через кожні 2–3 доби і в разі потреби додають сірчану або ортофосфорну кислоту.



---

---

У практиці вирощування культур гідропонним способом відомо кілька сотень різних розчинів. Як доводить практика, незначні зміни у їхньому складі не мають істотного значення для нормального живлення рослин. Усі розчини поділяють на стабільні та диференційовані.

У стабільних розчинах вміст елементів живлення не залежить від культури, фази її розвитку, що значно спрощує його використання і забезпечує вирощування такого самого врожаю, як від використання диференційованого поживного розчину.

Застосування поживного розчину стабільного складу ґрунтується на тому, що рослинам притаманна вибіркова здатність відносно поглинання елементів живлення з розчину.

Диференційовані розчини враховують потребу в елементах живлення різних видів рослин по фазах їх росту й розвитку.

За дотримання необхідних технологій вирощування в умовах гідропоніки культури ростуть і розвиваються значно швидше, ніж у ґрунтосумішах. Наприклад, розсаду, вирощену гідропонним способом, можна висаджувати на 3–5 діб раніше, ніж вирощену на ґрунтосумішах. Так, огірок починає плодоносити на 3–4 доби раніше, створюючи на 35–40 % більшу асиміляційну поверхню, а помідор починає плодоносити на 15–18 діб раніше. Якість вирощеної гідропонним способом продукції при цьому не знижується.

### **? Питання для самоконтролю**

1. Які особливості удобрення озимих культур?
2. Як удобрюють азотними добривами зернобобові культури?
3. Назвіть макро- і мікроелементи, які потрібно вносити з добривами під кукурудзу.
4. Які форми добрив застосовують під буряк цукровий?
5. Як впливає удобрення на якість бульб картоплі?

---

---

6. Розкажіть про удобрення ріпаку. Які його особливості порівняно з іншими культурами?

7. У чому полягають відмінності в удобренні деяких овочевих культур?

8. Яка відмінність в удобренні різних порід плодових культур?

9. Яке значення мають органічні добрива під час зрошення?

10. Яка ефективність різних видів мінеральних добрив на зрошуваних землях?

11. Назвіть строки і способи внесення добрив в умовах зрошення.

12. Перелічіть способи підвищення ефективності добрив на зрошуваних землях.

13. Які особливості застосування добрив з фертигацією?

14. Назвіть найпоширеніші системи подавання мінеральних добрив у поливну систему. У чому полягає їх суть?

15. Які особливості живлення рослин у захищеному ґрунті?

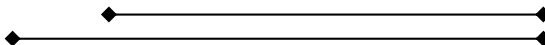
16. Які ґрунти і субстрати використовують у культивацийних спорудах?

---

---

## Розділ 7

# АГРОХІМІЯ І ЕКОЛОГІЯ



### 7.1. АГРОХІМІЧНИЙ СЕРВІС

На сучасному етапі розвитку суспільства, поряд зі створенням сортів і гібридів сільськогосподарських культур інтенсивного типу, меліорації земель та впровадженням новітніх технологій вирощування сільськогосподарських культур, застосування засобів хімізації залишається потужним фактором інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. При цьому провідна роль добрив збережеться і в осяжному майбутньому.

В Україні постійно поліпшується асортимент та збільшується частка концентрованих і комплексних добрив. Водночас порушення технології їх застосування призводить до забруднення навколишнього природного середовища і погіршення якості продукції рослинництва.

Застосування засобів хімізації – комплексна програма, вирішення якої визначає рівень розвитку хімічної промисловості та матеріально-технічне обслуговування сільськогосподарського виробництва.

Збільшення виробництва і застосування органічних і мінеральних добрив та інших засобів хімізації зумовило потребу створити державну агрохімічну службу з утворенням

---

---

25 проектно-технологічних центрів з охорони родючості ґрунтів і якості продукції “Облдержродючість”, які об’єднує Державний технологічний центр з охорони родючості ґрунтів “Центр-родючість”.

Один центр “Облдержродючість” у середньому обслуговує 1,7 млн га сільськогосподарських угідь, зокрема 1,4 млн га ріллі, 45 тис. га багаторічних насаджень, 280 тис. га сіножатей і пасовищ.

Наукові дослідження в Україні з проблем агропромислового комплексу проводять 135 наукових установ і вищих навчальних закладів, де працює понад 13 тис. учених, з них майже 1000 докторів і 6 тис. кандидатів наук.

Адміністративне керівництво агрохімічною службою здійснює Міністерство аграрної політики та продовольства України, а в областях і районах – управління агропромислового розвитку. За ініціативою агрохімічної служби підготовлено потрібну законодавчу і нормативну бази: закони України “Про охорону земель”, “Про пестициди і агрохімікати”, “Про захист рослин”, “Про державний контроль за використанням та охороною земель”, “Про охорону навколишнього природного середовища”, Земельний кодекс, Указ Президента України “Про суцільну агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення”. Уряд України прийняв Програму з інтенсифікації землеробства та низку постанов, які забезпечують реалізацію зазначених законів. Ці документи передбачають науково обґрунтоване, екологічно безпечне комплексне обслуговування товаровиробників, включаючи агрохімічну паспортизацію орних земель, розроблення системи удобрення сільськогосподарських культур, постачання і внесення засобів хімізації в терміни і в обсягах, передбачених технологічними картами і фітосанітарними прогнозами.

Для її вирішення потрібно:

- створити на взаємовигідних засадах промислово-аграрні об’єднання, як дилерська мережа щодо постачання сільсько-

---

---

господарським товаровиробникам, з метою оптимального забезпечення засобами хімізації та отримання високоякісної продукції;

- розробити і запропонувати сільськогосподарським товаровиробникам науково обґрунтовані заходи відносно раціонального використання добрив, меліорантів, засобів захисту рослин;

- використати наявний технічний потенціал для створення машино-технологічних станцій, доукомплектування їх новою технікою, якої не вистачає для проведення всіх технологічних операцій під час вирощування сільськогосподарської продукції;

- розробити сучасну законодавчу і нормативну бази для впровадження практичних заходів щодо підвищення родючості ґрунтів.

Турбота про збереження і підвищення родючості ґрунтів має стати складовою державної політики тому, що це – основна і головна передумова для забезпечення людей продуктами харчування, оскільки вона ґрунтується на новітніх наукових розробках. “Центрродючість” і його центри “Облдержродючість” є зв’язуючою ланкою між наукою і виробництвом. На нього покладається:

- проведення єдиної державної агрохімічної політики з питань планування науково обґрунтованого й екологічно безпечного використання чинників хімізації землекористувачами;

- науково-методичне керівництво веденням моніторингу ґрунтів разом з Національним науковим центром “Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського” та іншими науково-дослідними установами країни землеохоронного профілю;

- організація і контроль центрами “Облдержродючість” еколого-агрохімічних обстежень ґрунтів та паспортизація земель сільськогосподарського призначення;

- 
- 
- створення і ведення національного інформаційного банку даних про стан ґрунтів сільськогосподарських угідь та єдиної інформаційно-аналітичної системи;
  - розроблення проектно-кошторисної та іншої технологічної документації з ефективного застосування засобів хімізації й комплексного агрохімічного окультурення полів;
  - проведення польових і виробничих дослідів з добривами, хімічними меліорантами та іншими засобами хімізації, розроблення на основі результатів дослідів норм добрив і технологія їх застосування;
  - виділення екологічно безпечних регіонів виробництва продукції для дитячого і дієтичного харчування;
  - організація і проведення робіт з комплексної діагностики живлення рослин, впровадження у виробництво інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, ефективних способів використання засобів хімізації, технологій їх внесення, нових форм добрив і хімічних меліорантів;
  - здійснення нагляду за використанням засобів хімізації згідно з проектно-пошуковою та іншою нормативною і технологічною документаціями, а також контроль за якістю агрохімічних робіт, належним зберіганням засобів хімізації та їх облік;
  - виконання арбітражних і контрольних аналізів добрив, хімічних меліорантів, ґрунтів, кормів і кормових добавок;
  - оцінка агрохімічної й економічної ефективності застосування добрив та інших засобів хімізації у виробничих умовах;
  - розрахунок балансу елементів живлення і гумусу в землеробстві для обґрунтування норм внесення органічних й мінеральних добрив;
  - планування заходів щодо окультурення ґрунтів та інтенсифікації вирощування сільськогосподарських культур;
  - узагальнення, пропагування і впровадження у виробництво досягнень науки і передової практики в галузі агрохімії;

---

---

• сприяння веденню “точного землеробства”, що дасть змогу раціонально використовувати засоби хімізації та отримувати максимальний ефект без негативного впливу на навколишнє природне середовище; проведення робіт з токсикологічного та радіологічного дослідження ґрунтів і рослинницької продукції.

Одна з важливих функцій центрів “Облдержродючість” – проведення державного контролю за дотриманням усіма землекористувачами вимог з охорони навколишнього природного середовища. З цією метою проводять аналізи на вміст пестицидів і важких металів у ґрунтах і рослинах, нітратів і радіонуклідів у сільськогосподарській продукції і джерелах питної води.

Обласні центри “Облдержродючість” раз у п’ять років проводять агрохімічне обстеження ґрунтів сільськогосподарських угідь та захищених ґрунтів в овочівництві, аналізують і контролюють зміну їх родючості, після чого видають агрохімічні картографи та еколого-агрохімічний паспорт на кожне поле, де вказують показники стану ґрунту: агрофізичні (щільність, вологоємність), фізико-хімічні (обмінна і гідролітична кислотність, сума ввібраних основ), агрохімічні (вміст гумусу, рухомих сполук макро- і мікроелементів), забруднення (важкими металами, радіонуклідами, залишками пестицидів). Уже проведено 7 турів такого обстеження, що дає змогу виявити тенденції у динаміці зміни параметрів показників стану ґрунтів, які досліджують. Фахівці центрів “Облдержродючість” визначають економічну ефективність застосування добрив та інших засобів хімізації, їх окупність урожаєм, а у разі виявлення порушень – припиняють проведення робіт, складають акти і передають їх у відповідні контролюючі органи. Слід зазначити, що більшість робіт з моніторингу ґрунтів та агрохімічної паспортизації земель фінансується з державного бюджету.

---

---

Забезпечення землевласників пестицидами та агрохімікатами, їх зберігання і підготовку до внесення здійснюють державні й комерційні структури.

Система наукового забезпечення ефективного застосування засобів хімізації в розвинених країнах дещо подібна на ту, яка впроваджується у кращих господарствах України. Наприклад, у США і Канаді вона включає формування банку даних інформації про технологію вирощування культур у певному регіоні впродовж 10 років, вивчення фізичних, агрохімічних і біологічних особливостей культури відносно ґрунтово-кліматичних умов та розроблення системи її удобрення, прогнозування врожаю і його якості з урахуванням впливу хімічних засобів на стан навколишнього природного середовища. Проводять цю роботу так звані пункти технологій, де працюють висококваліфіковані фахівці, які підтримують тісний зв'язок з науковими установами, розробляють технології для вирощування культур і надають допомогу господарствам у їх впровадженні.

Під час розроблення системи удобрення сільськогосподарських культур враховують цілу низку факторів, серед яких велике значення належить фізико-хімічним та агрохімічним показникам родючості ґрунту. Для їх визначення і застосування використовують сучасні методи досліджень кількісних і якісних параметрів для кожної ділянки поля, розробляють заходи щодо їх регулювання.

Вагоме місце у цій системі належить дистанційному зондуванню земельних ділянок за допомогою супутникових систем з метою отримання картограм вмісту в ґрунті макро- і мікроелементів для живлення рослин, фізико-хімічних показників родючості ґрунту, екологічного стану сільськогосподарських угідь і навколишнього природного середовища.

На підставі даних аналізів встановлюють рівень забезпечення культур певними елементами живлення, їх запас і доступність із ґрунту з урахуванням погодних умов, біологічних особливостей рослин, запрограмованого рівня врожаю, виносу



---

---

ним елементів живлення та розробляють систему удобрення, де вказують норми добрив, співвідношення в них елементів живлення, форми їх сполук, способи і строки внесення.

У США і Канаді перевагу надають передпосівному внесенню добрив у вигляді тукоsumішей, які виготовляють з висококонцентрованих простих і складних добрив на пунктах технологій з урахуванням результатів аналізу ґрунтів і потреб рослин в елементах живлення. Використання добрив, за такого підходу, дає можливість на 25–30 % скоротити витрати на одиницю врожаю. Економія та ефективність застосування добрив досягається також впровадженням рослинної діагностики.

Спеціалісти із технологічних пунктів дані аналізів ґрунту переносять на електронні картограми, які використовують у бортових комп'ютерах агрегатів і кількісно регулюють внесення добрив на певних ділянках поля. Це дає змогу поступово вирівнювати строкатість родючості ґрунтів, раціонально використовувати їх природній потенціал та істотно економити кошти на придбання та внесення добрив. Набуває поширення застосування оптичних сенсорів, які встановлюють на агрегати для внесення добрив, і за їх допомогою в автоматичному режимі регулюють норму їх внесення на різних ділянках, рядках і навіть під кожную рослину.

Отже, агрохімічний сервіс передбачає надання сільськогосподарським товаровиробникам виробничих послуг для раціонального, ефективного та екологічно безпечного застосування добрив та інших хімічних засобів, зокрема, вивчення стану ґрунтів; агрохімічний моніторинг; паспортизація земель; визначення складу кормів; складання системи і плану застосування добрив, розроблення рекомендацій стосовно використання хімічних засобів; створення матеріально-технічної бази (склади, машини, механізми); добування і виробництво місцевих добрив; визначення балансу елементів живлення; впровадження у практику досягнень науки і передового досвіду з питань збереження і підвищення родючості ґрунтів.

---

---

## 7.2. ДОБРИВА І НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Упродовж історичного часу вплив людини на навколишнє природне середовище безперервно зростає. Ще 120 років тому В.В. Докучаєв, розробляючи вчення про ґрунтоутворення, не зараховував діяльність людини до обов'язкових його чинників.

Нині в Україні спостерігається прогрес у проведенні природоохоронної політики. Суспільство дедалі більше повертається до цінності природи як незаперечного та фундаментального фактора людського життя.

Позитивний вплив людини на ґрунт виявляється в постійному зростанні його родючості. У світі за останні кілька десятиліть площі орних земель збільшились на 9 %, урожайність зернових – зросла на 58, а коренеплодів – на 21 %. Такий істотний приріст досягнутий унаслідок підвищення норм внесення мінеральних добрив. У більшості країн застосування високих їх норм зумовило зростання врожайності зернових культур до 5 т/га і більше. Значно вищі врожаї в багатьох країнах Європи (6–7 т/га і більше), де вносять великі кількості добрив. У ХХ ст. майже 50 % приросту врожаю було результатом застосування добрив. Відомо, що з урожаєм щороку виноситься з ґрунту 150–300 кг/га елементів живлення, що знаходились у ґрунті в рухомих сполуках. Якщо їх не повертати в ґрунт з добривами, то порушується рівновага елементів живлення і ґрунт збіднюється на найдоступніші для рослин сполуки.

Основні причини забруднення навколишнього природного середовища добривами, шляхи їх втрат і непродуктивне використання такі: недосконалість технології транспортування, зберігання, підготовки і внесення добрив; порушення технології їх застосування; ерозія ґрунту; незадовільна якість добрив; використання різних промислових і побутових відходів на добрива без контролю їх хімічного складу; погіршення властивостей ґрунтів; вторинне засолення ґрунтів.

---

---

Значним джерелом непродуктивних витрат мінеральних добрив і зниження їх ефективності є нерівномірний розподіл по площі поля та їх розшарування (сегрегація) під час транспортування і внесення. Недобір урожаю від цього збільшується при використанні висококонцентрованих добрив, підвищенні норм, за високої реакції культур на добрива. Негативна дія нерівномірного внесення найбільш виявляється на бідніших за родючістю ґрунтах.

Нерівномірність розподілу добрив під час їх внесення у виробничих умовах іноді у 2–3 рази перевищує допустимі межі. Саме тому ефективність азотних добрив знижується на 40–50 %, фосфорних – на 35–40, калійних і складних – на 15–20 %. Різко загострюється екологічний стан внаслідок утворення в ґрунті осередків з надмірно високим вмістом елементів живлення для рослин.

Неправильне застосування добрив погіршує агрохімічні показники ґрунтів, знижує їх родючість. Значна кількість елементів живлення втрачається під час ерозії, зокрема за поверхневого внесення добрив. Забруднення добривами водних джерел спричиняє евтрофікацію природних вод – посилений розвиток водоростей та утворення планктону.

Унаслідок денітрифікації оксиди азоту, що виділяються в повітря, приєднуються до молекул води та утворюють азотну й азотисту кислоти, які випадають з атмосферними опадами на суходіл і поверхню океану. У разі незбалансованого застосування добрив знижується врожай, погіршується якість сільськогосподарської продукції, у ній накопичуються шкідливі для здоров'я людей речовини, продукція рослинництва може стати причиною отруєння людей і тварин.

У зв'язку з цим та з урахуванням інших причин як один з альтернативних шляхів розвитку сільського господарства пропонується повна відмова від застосування мінеральних добрив – біологічне, або альтернативне землеробство. Як добриво при цьому пропонують використовувати рослинні залишки, гній,

---

---

сидерати, широко практикувати вирощування бобових трав, застосовувати біологічні препарати для поліпшення азотфіксації, підвищення доступності елементів живлення з ґрунту, захисту від хвороб і шкідників.

Проте далеко не завжди за біологічного землеробства вдається отримати якіснішу продукцію. Крім того, врожайність культур знижується на 20–30 % і більше. При цьому вирощена продукція значно дорожча, а відмова від мінеральних добрив спричинить катастрофічне скорочення виробництва продуктів харчування. Слід зазначити, що найбільше хімічних засобів (у розрахунку на одиницю продукції) застосовують в Японії, де середня тривалість життя людини найвища у світі.

Негативна дія мінеральних добрив часто перебільшена. З екологічного погляду їх не можна ставити в один ряд з пестицидами, оскільки перші – це синтезовані речовини, другі – продукти, ідентичні природним.

У людей, зокрема медиків, іноді складається неправильна думка, що продукція, вирощена із застосуванням добрив, шкідлива для здоров'я. З цим не можна погодитися, оскільки позитивна дія мінеральних добрив значно більша, ніж негативна. Тому єдино правильним вирішенням проблеми мінеральних добрив є не відмова від них, а істотне поліпшення технології їх застосування.

Застосування добрив у сільськогосподарському виробництві – відносно невелике джерело забруднення навколишнього природного середовища. Значно більшої шкоди йому завдають природні джерела енергії (вугілля, газ, нафта), під час згоряння яких в атмосферу викидається велика кількість речовин. Транспорт і промислові підприємства щорічно викидають на поверхню Землі сотні тисяч тонн шкідливих речовин. Радіус техногенного забруднення великими промисловими підприємствами досягає кількох десятків кілометрів.

Під час внесення добрив потрібно чітко дотримуватися рекомендованих норм. Невиправдано високі норми азотних доб-

---

---

рив та нерівномірний розподіл їх по поверхні площі призводить до надмірного накопичення нітратів у продукції рослинництва.

Загалом нітрати малотоксичні речовини, але за участю мікрофлори травної системи і ферментів тканин вони відновлюються до нітритів, токсичність яких у 10–20 разів вища, ніж нітратів. Мікробіологічне відновлення нітратів під дією ферменту нітрооксидази відбувається також під час транспортування, зберігання і перероблення продукції рослинництва. Високий вміст цих сполук азоту у воді, кормах і їжі спричинює гострі шлунково-кишкові порушення та хронічні захворювання.

В організмі нітрати утворюються в ротовій порожнині, шлунку і кишках, всмоктуються в кров і з нею потрапляють у тканини. Через 5–10 год. близько 80 % нітратів з організму молодих людей і 50 % – з організму літніх людей виводиться із сечею. Більше половини нітратів, що залишились в організмі, трансформуються на нітрити. За надмірного їх накопичення людина хворіє на метгемоглобінемію (синюшність) внаслідок окиснення  $\text{Fe}^{2+}$  до  $\text{Fe}^{3+}$ , оскільки при цьому кисень не постачається в тканини організму.

Отруєння нітратами трапляється досить рідко, але тривале споживання води, їжі чи корму з підвищеним їх вмістом може спричинити хвороби обміну речовин, опорно-рухової і нервової систем, генеративних органів, а також генетичні захворювання.

Нітрати, як уже зазначалося, – обов'язковий учасник колообігу азоту в природі, джерело азотного живлення рослин. Отже, вони існували, існують й існуватимуть, навіть якщо повністю відмовитись від азотних та органічних добрив. Найбільше нітратів в організм людини надходить з питною водою й овочами, дещо менше – з молоком, м'ясом і соками. У середньому 70–80 % нітратів припадає на овочеві культури, причому небезпечнішими є тепличні овочі, 10–15 – на питну воду, решта (від 5 до 20 %) – на м'ясопродукти, молоко, фрукти і соки. Залежно від раціону та якості продуктів ці співвідношення

---

---

змінюються. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, допустима межа надходження нітратів в організм людини становить 3,5 мг/кг маси за добу. Найкраще коли добова норма для дорослої людини не перевищує 100–140 мг. Людина порівняно легко переносить надходження в організм 150–200 мг нітратів, спожитих упродовж доби; 500 – це вже гранично допустима норма, 600 – токсична для дорослих (для немовлят – усього 10 мг). Всесвітньою організацією охорони здоров'я встановлено гранично допустиму концентрацію (ГДК) для нітратного азоту в питній воді для помірних широт – 22 мг/л.

ГДК нітратів у овочах і фруктах для незахищеного ґрунту, мг/кг сирого продукту: картопля – 150, капуста пізня, кабачки, цибуля, кріп, петрушка – 1500, морква – 200, буряк столовий – 1400, яблука, груші, кавун – 60, диня – 90; для овочів захищеного ґрунту: помідор – 300, огірок – 400, салат, щавель, кріп, петрушка – 3000, цибуля на перо – 800. ГДК нітратів у молоці – 45 мг/л.

Загалом основними причинами накопичення нітратів у рослинах є азот ґрунту і добрив, сорт, особливості погодних умов і технологій вирощування культури.

Різні частини овочів містять неоднакові кількості нітратів, тому споживати треба менш небезпечні їх частини. Нітратів більше міститься в жилках, листових черешках і стеблах, менше – у м'якуші листків і плодах. У шкірці й поверхневих шарах нітратів більше, ніж усередині овочів, у листках і коренях їх більше, ніж у квітках.

За надмірного внесення добрив, насамперед азотних, неправильного їх застосування водоймища і ґрунтові води забруднюються нітратами та іншими сполуками.

Втрати азоту від вимивання нітратів можна звести до мінімуму, наближаючи строки внесення оптимальних доз азотних добрив до періоду найінтенсивнішого засвоєння їх рослинами, науково обґрунтованого чергування культур із залученням у сівозміну рослин, які мають глибокопроникну кореневу

---

---

систему (багаторічні трави та ін.). Це сприяє кращому використанню елементів живлення, вимитих у глибокі шари ґрунту.

Підвищення у водоймах концентрації елементів живлення спричинює їх евтрофікацію.

**Евтрофікація** – це збагачення вод елементами живлення, насамперед азотом і фосфором, антропогенним або природним шляхом.

Найбільш небажана післядія цього явища – сильний розвиток водоростей (“цвітіння”), заболочування внаслідок розростання прибережної флори, що поступово скорочує площу водойми.

Для запобігання забрудненню природних об’єктів потрібно чітко регламентувати і дотримуватись правил використання засобів хімізації. У водоохоронній зоні малих річок забороняється розміщувати склади для зберігання пестицидів і добрив, зокрема гною, будувати тваринницькі ферми тощо.

Разом з фосфорними і деякими складними добривами в ґрунт потрапляє фтор. У середньому з 10 одиницями фосфору в ґрунт надходить одиниця фтору. Допустимий вміст фтору в ґрунті – 3 мг/кг. У разі перевищення цього рівня він накопичується в токсичних кількостях у кормах та мігрує по профілю ґрунту і потрапляє в ґрунтові води.

Джерелами забруднення фтором є також підприємства з виробництва скла, алюмінію, металургійні та цегельні заводи.

Надлишок фтору пригнічує діяльність ферментів, процеси фотосинтезу і дихання, ріст рослин. Найбільше накопичують фтору петрушка, цибуля, щавель. Добова норма фтору для людини – 3 мг. За його нестачі розвивається карієс зубів, тому в регіонах з низьким вмістом фтору в ґрунті фосфорні добрива можна розглядати як їх джерело. За надлишку фтору розвивається флюороз та інші хвороби.

З калійними добривами (калій хлористий, калійна сіль змішана та ін.) в ґрунт надходить хлор. У невеликих кількостях

---

---

він потрібний для рослин. Проте високі його концентрації в ґрунті негативно впливають на врожай і якість картоплі, льону, гречки, винограду та інших культур.

Добрива – основне джерело забруднення водоймищ калієм. Підвищений вміст калію в кормах може зумовити отруєння тварин. Збільшена концентрація катіонів калію в ґрунтовому розчині може призвести до витіснення з ГВК кальцію й магнію та переміщення їх по профілю ґрунту. Цей процес ще більше посилюється після внесення фізіологічно кислих добрив.

Додатками мінеральних добрив можуть бути солі важких металів, органічні сполуки та радіоактивні речовини. Важкі метали – одні з найшкідливіших забрудників навколишнього природного середовища. У біологічній класифікації до них належать елементи, атомна маса яких перевищує 40.

Важкі метали мають велике екологічне, біологічне і медичне значення. Тому термін “важкі метали” потрібно вживати, коли йдеться про шкідливу для живих організмів концентрацію елемента з атомною масою понад 40, і вважати його мікроелементом, якщо він знаходиться в ґрунті, рослинах і живих організмах у нетоксичних концентраціях або використовувався в малих кількостях як добриво для поліпшення росту й розвитку рослин. Найтоксичніші з них ртуть, миш’як, кадмій і свинець. Цинк, мідь і марганець також є мікроелементами. Роль хрому і нікелю для рослин вивчено недостатньо.

Деяка кількість важких металів надходить у ґрунт з гноєм та іншими органічними добривами, а також при використанні на добриво відходів промисловості та осадів стічних вод. Одне з джерел забруднення навколишнього природного середовища – втрати під час виробництва, транспортування та несприятливого зберігання добрив. Важкі метали зв’язуються органічними речовинами ґрунту, що уповільнює розклад останніх і порушує повторне використання поживних речовин. Іони металів можуть також мати прямий токсичний вплив на мікроорганізми-редуценти, або ж ферменти, які вони виробляють. Тому



---

---

вважається, що першими, на кого токсично впливають важкі метали, є мікроорганізми і ґрунтова фауна.

Залежно від геологічного походження й географічного розміщення фосфорні руди містять різні кількості домішок важких металів і токсичних елементів. Важливим і негативним з погляду токсикології є той факт, що при отриманні суперфосфатів кадмій повністю залишається в готовому продукті. Під час виробництва фосфорної кислоти до 2/3 кадмію переходить у готовий продукт, тому навіть у висококонцентрованому фосфорному добриві досить високий вміст токсичних домішок, не кажучи вже про фосфоритне борошно, яке отримують простим розмелюванням природних фосфоритів.

За надлишку свинцю ушкоджуються органи кровотворення (анемія), нервова система і нирки. Проте, як інші мікроелементи, він потрібен живому організму. Небезпека свинцю для рослин незначна, оскільки у них добре відрегульована система захисту від цього елемента, який проникає у кореневу систему. Миш'як також є необхідним елементом, але його дефіциту в організмі людини не спостерігається.

Домішок важких металів як за набором, так і за концентрацією, найбільше містять фосфорні добрива й добрива, добуті з використанням екстракційної ортофосфорної кислоти (амофос, амофоска, нітрофоска, суперфосфат подвійний). У фосфорних добривах у невеликих кількостях містяться й радіонукліди: уран, радій, торій та ін.

Важкі метали надходять також із пестицидів, з опадами стічних вод, побутовим сміттям, відходами промисловості (фосфогіпс, термофосфати, зола кам'яного вугілля і сланців, цементний пил), викидами автотранспорту. Негативний вплив мінеральних та органічних добрив на вміст важких металів у рослинах перебільшено. Тривале їх застосування навіть за відносно високого природного їх вмісту в фосфорних і органічних добривах не збільшує, а зазвичай знижує концентрацію важких металів у продукції рослинництва. Це відбувається

---

---

внаслідок ефекту “ростового розбавлення” за значного підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Внесення високих норм фосфорних добрив істотно знижує рухомість у ґрунті свинцю, кадмію та інших важких металів через утворення нерозчинних фосфатів.

Важкі метали є протоплазматичними отрутами, токсичність яких зростає у міру збільшення відносної атомної маси. Дуже токсичними є елементи, які чинять шкідливу дію на тест-організми за концентрації до 1 мг/л. Внаслідок антропогенної дії в ґрунті підвищується вміст миш’яку, кадмію, ртуті, селену, свинцю, цинку, фтору – речовин, які належать до 1-го класу токсичності, бору, кобальту, нікелю, молібдену, міді, сурми, хрому – до 2-го класу, барію, ванадію, вольфраму, марганцю, стронцію – до 3-го класу токсичності.

Встановити межі нешкідливого вмісту того чи іншого елемента в ґрунті досить складно. Рівень токсичності елементів залежить від гранулометричного складу ґрунту, його кислотності, вологості, вмісту гумусу, виду рослин і т. д. Ґрунт є своєрідним геохімічним бар’єром для міграції важких металів. Чорноземі лише в шарі 0–20 см здатні утримувати 40–60 т/га свинцю, а підзолисті ґрунти – 2–6 т/га. Важкі метали забруднюють не лише ґрунти. До 30–40 % цих металів та їхніх похідних потрапляють у підорний шар ґрунту і ґрунтові води. Накопичення їх у ґрунтах збіднює видовий склад рослин, сповільнює темпи їх росту й розвитку.

Ґрунт не лише акумулює забрудники, але є природним буфером, який значно знижує токсичність важких металів. Він також регулює надходження елементів живлення в рослини і, як наслідок, в організми людини і тварин. На відміну від атмосферного повітря і водних джерел, де спостерігається періодичне самоочищення від важких металів, ґрунт майже не має такої здатності. Важкі метали з ґрунту відчужуються досить повільно – внаслідок вимивання, ерозії, виносу з урожаєм рослин.

---

---

Валовий вміст важких металів у природних ґрунтах зумовлений вмістом елементів у материнській породі та визначається генезисом, петрографією і процесами ґрунтоутворення.

Розподіл металів в органах рослин має чітко виражений характер: коріння > стебла > листки > плоди, що свідчить про наявність у рослин захисного механізму, який перешкоджає надходженню важких металів у надземні органи. Ця тенденція слабкіше виявляється на ґрунтах зі звичайним вмістом металів і сильніше – із надмірним.

Крім динаміки накопичення важких металів у ґрунті, важливо знати також рівень їх надходження у рослини і можливе накопичення в товарній частині врожаю. Так, під час кулінарного оброблення вміст важких металів в овочах знижується. Від промивання, очищення, зняття шкірки, протирання і бланшування кількість свинцю й ртуті в овочах зменшується на 50 %, у картоплі – на 20 %. Після промивання водою салату вміст у ньому свинцю знижується на 90 %.

На забруднених важкими металами ґрунтах не можна вирощувати листові овочі та коренеплоди, а також помідор і баштанні культури. На таких ґрунтах краще вирощувати технічні культури (льон, буряк цукровий, картоплю) та насінні посіви.

Значної шкоди довкіллю може завдавати безсистемне використання безпідстилкового гною, гноївки та інших відходів тваринництва. У більшості випадків неправильне зберігання і використання безпідстилкового гною негативно впливає на атмосферу. Так, під час зберігання його у відкритих місткостях виділяються і надходять в атмосферу аміак, молекулярний азот та інші сполуки. Відбуваються також розкладання органічних речовин та погіршення навколишнього природного середовища внаслідок утворення газоподібних продуктів із неприємним запахом.

Розкидний спосіб внесення рідких органічних добрив і загортання їх у ґрунт лише через кілька діб може призводити до втрати більш як 50 % загальної кількості амонійного азоту. Тому

---

---

в багатьох західноєвропейських країнах введено законодавчі вимоги, згідно з якими рідкий гній потрібно загортати відразу ж після внесення або впродовж кількох годин після цього. Це зменшує втрати аміаку  $\text{NH}_3$  до 10 % та знижує поширення неприємного запаху. Слід пам'ятати, що значні втрати аміаку відбуваються під час зберігання гною. Виробництво і використання синтетичних добрив також спричинює значні втрати аміаку, що становить у світовому масштабі 40 % від втрат, джерелом яких є тваринництво. Основні втрати аміаку відбуваються впродовж двох тижнів після внесення і досягають на карбонатних ґрунтах важкого гранулометричного складу 30 %.

Внесення безпідстилкового гною і гноівки спричиняє інтенсивне бактеріальне зараження. Патогенні бактерії зберігаються в ґрунті полів зрошення впродовж 4–5 міс. Після внесення стоків у ґрунт методом дощування з потоками повітря яйця глистів поширюються на відстань до 400 м. Найбільш істотними порушеннями технології застосування органічних добрив є:

- 1) недостатнє використання або неякісна підстилка і недосконала система гноєвидалення;
- 2) нерівномірне внесення гною та інших органічних добрив унаслідок недосконалості конструкції гноєрозкидачів;
- 3) порушення співвідношення між кількістю тварин та удобрюваною площею, що призводить до надмірного внесення добрив;
- 4) недостатнє забезпечення тваринницьких комплексів спорудами та обладнанням для заготівлі, зберігання і транспортування гною;
- 5) недооцінка ефективності застосування безпідстилкового гною у поєднанні з подрібненою соломою і використанням сидератів.

Для запобігання втратам біогенних елементів, зокрема азоту, при застосуванні органічних добрив:

- 1) норма азоту має бути не більшою за 200 кг/га;

---

---

2) у сівозмінах навколо тваринницьких комплексів потрібно вводити проміжні посіви на корм худобі, широко застосовувати сидерацію полів (більший термін зайнятості землі сільськогосподарськими культурами сприятиме інтенсивному засвоєнню нітратів рослинами та запобігатиме їх втратам унаслідок вимивання);

3) внесення безпідстилкового гною восени слід поєднувати із заорюванням соломи або зелених добрив, що сприятиме біологічній іммобілізації азоту та значно знизить втрати.

Істотним недоліком багатьох мінеральних добрив є їх фізіологічна кислотність та наявність у їхньому складі кислот, що залишаються після їх виробництва. Систематичне застосування високих норм таких добрив може призводити до значного підкислення ґрунтів, створення несприятливих умов для росту рослин. У цьому разі збільшується потреба у вапнуванні ґрунтів.

*Хімічна меліорація* – важливий захід для поліпшення властивостей ґрунтів. На сильно- та середньокислих ґрунтах отримати високі врожаї без вапнування майже неможливо. Проте останнім часом цьому важливому агрохімічному заходу не приділяється належної уваги.

Агрохімічні засоби значно впливають на стійкість рослин проти хвороб і шкідників. Це проявляється у прямій або побічній дії на культурні рослини або патоген. Вони стимулюють або інгібують розвиток останнього. Часто голодування рослин від нестачі того чи іншого елемента живлення одночасно спричинює розвиток патогену, наприклад гніль сердечка буряку за дефіциту бору.

Макроеlementи по-різному діють на розвиток патогену. Так, за надмірного азотного живлення часто інтенсифікується розвиток багатьох грибних хвороб. Оптимізація норм і доз добрив з урахуванням виду, сорту і віку рослин, форм азотних добрив, рівня окультуреності ґрунту та інших факторів може значно знизити або й запобігти розвитку патологічного процесу.

---

---

Поліпшення фосфорного живлення у більшості випадків знижує шкідливість захворювання, що пояснюють посиленням розвитку кореневої системи і, як наслідок, підвищенням стійкості рослин проти несприятливих умов їх росту. Крім того, фосфор посилює синтез органічних сполук, зокрема і склеренхімних тканин, що підвищує стійкість рослин проти ураження паразитом (насамперед борошнистою росою і кореневими гнилями).

Оптимальне калійне живлення стримує розвиток грибних хвороб унаслідок потовщення клітинних стінок, підвищує міцність механічних тканин, збільшує ріст і диференціацію клітин камбію у вищих рослин. Все це сприяє підвищенню фізіологічної стійкості рослин проти інфекційних захворювань.

Дію мікроелементів на розвиток хвороб у рослин вивчено недостатньо. Проте відомо, що вони значно впливають на фізіолого-біологічні процеси у мікроорганізмах, діють на ферментативну активність дегідрогенази, каталази, інших ферментів. Для оптимального розвитку багатьох грибів, що спричинюють захворювання рослин, потрібна наявність у поживному середовищі бору, заліза, марганцю, міді, цинку.

На різних типах ґрунтів є відповідний набір рухомих сполук мікроелементів, що створює передумови для розвитку певних груп і видів мікроорганізмів, які не виявлятимуть в інших біоценозах, агрофітоценозах унаслідок нестачі або надлишку того чи іншого мікроелемента.

Вплив добрив на пошкодження рослин шкідниками вивчено мало. Проте встановлено певні зв'язки між рівнем азотного живлення і пошкодженням рослин шкідливою черпашкою, трипсом, хлібним трачем, попелицею та іншими шкідниками. За оптимального фосфорно-калійного живлення пошкодження ними рослин значно зменшується.

Несприятлива дія добрив переважно призводить до таких наслідків:

---

---

1) погіршення балансу і колообігу елементів живлення та органічних речовин, агрохімічних показників родючості ґрунту;

2) порушення технологій застосування мінеральних добрив може знижувати врожай сільськогосподарських культур та якість продукції;

3) вимивання елементів живлення з ґрунту та поверхневе змивання ґрунту і добрив може спричинити евтрофікацію (заростання) водоймищ з подальшими негативними наслідками;

4) потрапляння добрив і їх сполук в атмосферу негативно впливає на здоров'я людини і тварин;

5) порушення оптимального мінерального живлення рослин призводить до різних їх захворювань, погіршує фітосанітарний стан ґрунту і посівів.

Ефективність і безпечність застосування добрив неможливі без повного уявлення про ті процеси, які відбуваються в агро-екосистемах. Лише на основі повної інформації про вплив добрив на навколишнє природне середовище можна розробити програму природоохоронних заходів. За безконтрольного забруднення ґрунтів, повітря і води токсичні сполуки переходять трофічними ланцюгами і накопичуються в рослинах, організмах людей і тварин. Це може призвести до загибелі цілих видів рослин, тварин і навіть людини, якщо не будуть вжиті необхідні заходи.

Комплексне вирішення екологічних проблем у сільському господарстві ґрунтується на вивченні різних ґрунтово-кліматичних агробіоценозів та їх основних компонентів — ґрунтів, рослин, атмосфери, води, тварин, людини. Це називають *агроекологічним моніторингом*.

**Моніторинг** – спостереження, оцінювання і прогнозування стану навколишнього природного середовища у зв'язку з господарською діяльністю людини.

Залежно від рівня об'єктів дослідження розрізняють три рівні моніторингу: глобальний біосферний; регіональний геосис-

---

---

темний, або природно-господарський; локальний біоекологічний.

Грунтово-агрохімічний моніторинг належить до моніторингу екологічного типу. Його об'єктом можуть бути спеціально вибрані території (полігонний моніторинг) і вся площа, зайнята сільськогосподарським виробництвом (суцільний моніторинг). Тривалі досліді з добривами є важливими об'єктами полігонного моніторингу. Суцільний агрохімічний моніторинг сільськогосподарських підприємств проводять центри "Облдержродючість".

Виробництво мінеральних добрив має бути зорієнтоване на їх очищення. Звісно, що це підвищить їх вартість, однак знизить захворюваність і збільшить тривалість життя людей. До складу добрив мають входити як макро-, так і мікроелементи, а застосування їх проводитися з урахуванням певних агрогеохімічних умов поля. Це дасть змогу не лише отримувати продукцію із заданим біохімічним і елементарним складом, а й запобігати небажаному техногенному забрудненню. Плани щодо застосування добрив поряд з вимогами агрохімії обов'язково мають враховувати питання охорони навколишнього природного середовища.

Сьогодення доводить, що забруднення ґрунту досить шкідливе, оскільки призводить до руйнування природи і хвороб людини. Проте без застосування мінеральних добрив не можна радикально підвищити продуктивність сільськогосподарського виробництва. У цьому немає протиріччя, оскільки добрива ідентичні живій природі. Вони складаються з елементів лише у більшій концентрації, з яких складається ґрунт і все, що на ньому живе. Вносячи добрива, ми лише збагачуємо ґрунт на елементи, які в ньому вже є. При цьому застосовуємо лише ті та у такій кількості, яких недостатньо для вирощування високих урожаїв і отримання якісних продуктів харчування. Крім того, природа потребує відновлення. Згадаймо лібіховський закон повернення – поверніть у ґрунт елементи, які ви забрали з



---

---

урожаєм. Крім того, потрібно ще повернути елементи живлення, втрачені з поля внаслідок ерозії, а також додатково внести, наприклад фосфор, для створення в ґрунті оптимального вмісту рухомих сполук елементів живлення. Отже, в оглядовому майбутньому радикальнішого методу, ніж застосування добрив, людство немає. Час нещадної експлуатації ґрунтів, їх деградація мають відійти у минуле.

### **? Питання для самоконтролю**

1. Які завдання стоять відносно агрохімічного обслуговування сільського господарства?
2. Яка структура агрохімічної служби в Україні?
3. Назвіть функції, які проводять обласні центри “Облдержродючість”.
4. Які роботи проводять обласні центри “Облдержродючість”?
5. Назвіть екологічні проблеми відносно застосування добрив.
6. Дайте характеристику біологічному землеробству.
7. Які елементи та як вони втрачаються з ґрунту?
8. Що таке евтрофікація водойм?
9. Які недоліки надмірного внесення азотних добрив у ґрунт?
10. Назвіть джерела забруднення ґрунту і сільськогосподарської продукції важкими металами.
11. Назвіть важкі метали, які містяться в мінеральних добривах.
12. У чому полягає шкідливість важких металів?
13. Чим шкідливі нітрати і нітриди для організмів людей і тварин?
14. Як обмежити накопичення нітратів у продукції рослинництва?
15. Що таке ґрунтово-агрохімічний моніторинг і яка мета його проведення?

---

---

## ЛІТЕРАТУРИ

1. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільсько-господарських земель /За ред. В. П. Патики і О. Г. Тараріки. – К.: Фітосоціоцентр, 2002.
2. Геркіял О. М., Господаренко Г. М., Коларьков Ю. В. Агр-хімія. – Умань: Уманське ВПП, 2008.
3. Городній М.М. Агрохімія. – К.: Арістей, 2008.
4. Городній М.М., Лісовал А.П., Бикін А.В. та ін. Агрохімічний аналіз / За ред. М. М. Городнього. – К.: Арістей, 2005.
5. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. – К.: ННЦ “ІАЕ”, 2010.
6. Довідник працівника агрохімслужби /За ред. Б.С. Носка. – К.: Урожай, 1991.
7. Марчук І.У., Макаренко В.М., Розстальний В.Є., Савчук А.В., Філон Є.А. Добрива та їх використання: довідник. – К.: Арістей, 2011.
8. Копитко П. Г. Удобрення плодових і ягідних культур. – К.: Вища шк., 2001.
9. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. – К.: Логос, 2005.
10. Лихочвор В. В. Мінеральні добрива та їх застосування. – Львів: НВФ “Українські технології”, 2008.
11. Лісовал А. П., Макаренко В. М., Кравченко С. М. Системи використання добрив. – К.: Вид-во АПК, 2002.
12. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення / За ред. М.М. Городнього. – К.: ТОВ “Алефа”, 2004.
13. Стецишин П.О., Рекуненко В.В., Пиндус В.В. та ін. Основи органічного виробництва – Вінниця: ПП “Нова Книга”, 2008.
14. Сучасна концепція хімічної меліорації кислих і солонцевих ґрунтів. – Х.: ННЦ ім. О.Н. Соколовського, 2008.

---

---

15. Сучасні системи удобрення сільськогосподарських культур у сівоzmінах з різною ротацією за основними ґрунтово-кліматичними зонами України: рекомендації. / За ред. А.С. Заришняка, М.В. Лісового. – К.: Аграрна наука, 2008.

16. Шевчук М.Й., Веремеєнко С.І. Агрохімія: навчальний посібник /За ред. М.Й. Шевчука.–Рівне: НУВГП, 2011.

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Авдонін Н.С. ....	11	Лалу.....	284
Афендулов К.П.....	12	Лебедянцев О.Н. ....	11
Буссенго Ж.Б. ....	30	Лібіх Ю. ....	7, 9, 101
Валлеріус Ю. Г. ....	9	Лісовий М.В. ....	277
Вентурі.....	355	Макців Ф.П. ....	12
Вишневський О.М.....	12	Манорик А.В. ....	12
Власюк П.А. ....	12, 159	Мачигін.....	113
Вольфкович С.І. ....	11	Менделєєв Д.І. ....	10, 24
Воронін М.С. ....	10	Мишустін Є.Н. ....	231
Вотчал Е.П. ....	12	Можейко О.М. ....	11
Гейдройц К.К. ....	12, 64	Носко Б.С. ....	125, 262
Гельрігель Г. ....	10	Паліссі Б.....	9
Гірко П.А. ....	12	Патика В.П. ....	220
Глаубер І.Р. ....	9	Пейве Я.В. ....	112
Глінка К.Д. ....	12	Петербурзький О.В. ....	11
Горшков П.О. ....	12	Попович П.Д. ....	12
Гринь Г.С. ....	12	Прянишников Д.М. ....	8, 10, 13
Грінченко О.М. ....	12	Рожественський Б.М. ....	12
Грінченко Т.О. ....	4	Рубін С.С. ....	12
Демиденко Т.Т. ....	12	Сабінін Д.А.....	11
Дмитренко П.О. ....	12, 262	Соколов А.В. ....	11
Докучаєв В.В. ....	378	Соколова Т.О. ....	133
Дупчекін О.І. ....	12	Соколовський О.Н. ....	12
Енгельгардт О.М. ....	10	Соссюр Н.Т. ....	9
Єгоров М.А. ....	11	Теєр А. ....	9
Журбицький З.І. ....	11	Тихонович І.А. ....	228
Зайкевич А.Е. ....	11	Турчин Ф.В. ....	11
Кедров-Зіхман О.К. ..	11	Холодний М.Г. ....	12
Кирсанов А.А. ....	113	Чириков Ф.В. ....	113
Клечковський В.М. ...	11	Шкварук М.М. ....	12
Колоша І.Л. ....	12	Шпренгель К. ....	9
Костичев П.А. ....	10	Bray.....	113
Крамарьов С.М. ....	178	Mehlich.....	113
Крупський М.К. ....	12	Olsen.....	113
Кулаковська Т.Н. ....	11		
Лазурський О.В. ....	12		

## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Автотрофи	227	Аміак безводний	89
Агрегатопоніка	364	Аміак водний	90
Агрофіл	220,232	Аміак зріджений	89
Агрохімічний сервіс	371	Аміак охолоджений	89
Агрохімічні засоби	69	Аміак рідкий	89
Агрохімія	13, 15	Аміак рідкий безводний	89
Агрохімслужба	371	Аміак синтез	89
Ад'юванти	160	Аміак синтетичний	89
Адитивність іонів	35	Аміакати	95
Аеропоніка	365	Аміачна вода	90
Азот	74	Аміачна селітра	92
Азот амонійний	81	Аміачна селітра нейтралізована	93
Азот важкогідролізованих сполук	82	Аміді добрива	94
Азот газоподібний	87	Амоній поліфосфат	121
Азот геологічний колообіг	85	Амонійна селітра	92
Азот колообіг	84	Амоніфікатори	79
Азот колообіг внутрішньогосподарський	84	Амоніфікація	79
Азот легкогідролізованих сполук	81	Амофос	154
Азот малий колообіг	84	Антагонізм	35
Азот мінеральних сполук	81	Антагонізм добрив	150
Азот негідролізованих сполук	82	Антагонізм іонів	35
Азот необмінний	83	Антивипаровувачі	160
Азотно-вапнякове добриво	93	Асоціативна азотфіксація	86
Азотобактерин	232	Бактеріальні препарати	70,226
Азотонакопичувачі	85	Бактерії азотфіксувальні	227
Азотфіксатори	86	Баланс абсолютні показники	255
Азотфіксація	227	Баланс бездефіцитний	255
Азофос	154	Баланс біологічний	253
Азофоска	154	Баланс внутрішньогосподарський	254
Альдобактерин	232	Баланс господарський	254
Аміак	89	Баланс гумусу	252,256

Баланс екологічний	253	Визначення норм добрив	358
Баланс елементів живлення	17,253	Визначення норм добрив балансовим методом	264
Баланс ефективний	255	Визначення норм добрив для цілеспрямованого регулювання родючості ґрунту	271
Баланс інтенсивність	255	Визначення норм добрив за бальною оцінкою ґрунту	268
Біогумус	220	Визначення норм добрив математичними методами	270
Біодеструктор	232	Винос	242
Біодеструктор стерні	232	Винос біологічний	242
Біурет	94	залишкова частина	
Бор	160	Винос елементів живлення біологічний	242
Борна кислота	162	Винос елементів живлення господарський	242
Борошно вапняне	60	Винос нормативи	243
Борошно доломітове	60	Внесення добрив основне	184
Борошно фосфоритне	120	Внесення добрив рядкове	184
Бура	162	Внесення добрив стартове	184
Буферність ґрунтового розчину	32	Вода аміачна	90
Важкі метали	384	Вологість ґрунту	36
Вапно	47	Гажа	60
Вапно гашене	61	Газ вуглекислий	37
Вапно місце внесення	59	Газообмін	37
Вапно норма	53	ГВК	43
Вапно палене	61	Географічна мережа дослідів	14
Вапно потреба	57	Геомембрана	207
Вапнування	47	Гербіциди	71
Вапнування ефективність	62	Гетеротрофи	227
Вапняки	60	Гідропоніка	364
Вапнякова селітра	93	Гіпс	64
Вапняно-аміачна селітра	93	Гіпс норма	64
ВАС	93	Гіпсування	64
Вермикомпост	220	Глиногіпс	67
Виділення кореневі	39	Гній	196
		Гній безпідстилковий	205

Гній безпідстилковий анаеробне оброблення	206	Добрива газоподібні	73
Гній безпідстилковий оброблення формаліном	207	Добрива гранульовані	73
Гній вихід	198	Добрива діюча речовина	72
Гній внесення	201	Добрива зелені	222
Гній зберігання	199	Добрива змішані	72,148
Гній напівперепрілий	197	Добрива калійні	135
Гній перепрілий	197	Добрива комплексні	147
Гній підстилковий	196	Добрива кристалічні	73
Гній розкладання	199	Добрива мінеральні	71
Гній свіжий	197	Добрива нітратні	92
Гній свіжий слабко розкладений	197	Добрива органічні	70,194
Гній хімічний склад	203	Добрива органо-мінеральні	70
Голодування азотне	77	Добрива післядія	73
Голодування калійне	129	Добрива побічної дії	63
Голодування фосфорне	108	Добрива порошкоподібні	73
Грунт солонцюватий	64	Добрива прямої дії	63,73
Грунт солончакуватий	64	Добрива рідкі	73,96
Грунти Лісостепу	239	Добрива рідкі азотні	96
Грунти Полісся	237	Добрива синергізм	151
Грунти Степу	240	Добрива сірчані	146
Денітрифікація	81	Добрива складне азотно-фосфорне	153
Дефекат	60	Добрива складні	72,153
Дифузія	27	Добрива складнозмішані	72,152
Діазобактерин	231	Добрива тверді	73
Діазофіт	231	Добрива трансформація	15
Добрива (о)	69	Добрива фізіологічно кислі	32
Добрива амонійні	91	Добрива фізіологічно лужні	32
Добрива амонійно-нітратні	92	Добрива фізіологічно нейтральні	32
Добрива багатофункціональні	73	Добрива фосфорні	117
Добрива безбаластні	73	Добрива штучні	70
Добрива вапняні	59	Дослід (и) вегетаційний	16
Добрива вапняні місцеві	62	Дослід виробничий	17
Добрива виробництво	20	Дослід дрібноділянковий	17

Дослід з добривами	17	Засоби консервуючі	70
Дослід з добривами польовий	17	Засоби антисептичні	70
Дослід з добривами стаціонарний	17	Зелене добриво	222
Дослід короткотерміновий	17	Зелене добриво отавне	224
Дослід лізиметричний	17	Зелене добриво укiсне	224
Дослід польовий	17	Зелене добриво укiсно- отавне	224
Дослід польовий виробничий	17	Землеробство екстенсивне	19
Дослід польовий дрiбнодiлянковий	17	Землеробство iнтенсивне	19
Дослід стаціонарний	17	Землювання	65
Дослід тривалий	17	Зола сланцiв	60
Доступнiсть елементiв	34	iнгiбiтор нiтрифiкацiї	105
ДТПО	173	iнокуляцiя	229
Евтрофiкацiю	383	iнсектициди	70
ЕДiТО	29	iнсектофунгiциди	70
Екологiя	371	iнтенсивнiсть балансу	255
Екоплант	137	iонопонiка	365
Елемент живлення основний	25,71	iсторiя агрохiмiї	8
Елемент зольнi	24	Календарний план застосування добрив	275
Елемент основнi	25	Календарний план придбання добрив	275
Елемент умовно неохiднi	25	Калiєфiльнi культури	128
Ефективнiсть вапнування	62	Калiй	127
Ефективнiсть гiпсування	67	Калiй валовий	131
Живлення кореневе	22	Калiй вміст	130
Живлення рослин калiєм	127	Калiй водорозчинний	131
Живлення фосфорне	107	Калiй загальний	130
Живлення.	22	Калiй колообiг	134
Закон повернення	18	Калiй мiнерального скелета	130
Залiзний купорос	172	Калiй необмiнне поглинання	133
Залiзо	171	Калiй необмiнний	132
Засвоєння елементiв живлення	33,39	Калiй необмiнний гiдролiзований	131
Засоби агрохiмiчнi	69	Калiй необмiнно- фiксований	131



Калій обмінний	132	Коефіцієнт використання фосфору добрив	114
Калій органічних речовин	130	Коефіцієнт повернення	255
Калій поліфосфат	121	Колообіг азоту	84
Калій резервний	120	Колообіг фосфору	116
Калій рухомий	131	Комплексоли	29
Калій сульфат	135	Компост (и)	218
Калій хлористий	135	Компост приготування	219
Калійна сіль змішана	136	Компост торфогноївковий	219
Калійні добрива	138	Компост торфогнойовий	219
застосування			
Калійні добрива окупність	139	Компост торфопослідний	220
Калійні добрива форми	135	Компостування	219
Калімаг	136	Концентрація поживного розчину	34
		Кореневі виділення	38
Калімаг Супер	136	Локальне внесення добрив	188
Калімаг флотатійний	136	Магній	47,51
Калімагnezія	136	Макроелементи	25,71
Кальцієва селітра	93	Марганець	162
Кальцієво-аміачна селітра	93	Меліорант	43
Кальцій	47, 50	Меліорація хімічна	43
Кальцій поліфосфат	121	Мергель (лі)	60
Карбамід	94	Метод (и) досліджень	16
Карбамід формальдегідне добриво	99		
Карбамід-аміачна селітра	97	Метод вегетаційний	16
Карбамідформальдегід	99	Метод досліджень лабораторний	16
		Метод досліджень фізіолого-агрохімічний	16
КАС	96	Метод Кирсанова	113
		Метод лізіметричний	17
Кислотність	44	Метод Мачигіна	113
Кислотність ґрунту	44		
Коефіцієнт використання діючої речовини добрив	72	Метод стабільних ізотопів	16
Коефіцієнт використання елементів живлення з гною	249		
Коефіцієнт використання елементів живлення з ґрунту	247	Метод Чирикова	113
Коефіцієнт використання елементів живлення з добрив	249	Методи агрохімії	13

Мідний купорос	167	Осадження хімічне	114
Мідь	165	Освітлення	37
Мікродобрива	156	Основний елемент живлення	25
Мікроелемент (и)	25,72	Отрутохімікати	70
Мікроелемент замінні	25	Оцінка якості основного удобрення	191
Мікроелемент незамінні	25	Оцінка якості підготовки добрив	191
Модель калійного стану грунту	133	Оцінка якості підживлення	192
Молибдат амонію	171	Перехват кореневий	27
Молибден	170	Пестициди	70
Моніторинг	391	Пил цементний	60
Моніторинг агроекологічний	392	Підживлення	184
Мул	217	Підживлення кореневе	185
Мул прісних водойм	217	Підживлення листкове	186
Надходження елементів живлення	27	Підживлення мікроелементами	215
Насиченість ґрунту основами	54	Підживлення позакореневе	286
Нейтралізована аміачна селітра	93	Піритні недогарки	167
Нітратредуктаза	37	Поверхнєве внесення добрив	187
Нітрифікатори	79	Поверхнєво-локальне внесення добрив	188
Нітрифікація	79	Позакореневе підживлення	184
Нітрифікація інтенсивність	80	Поліміксобактерин	232
Нітроамофос	154	Попіл	137
Нітроамофоска	154	Попіл деревний	137
Нітрофос	153	Порода (и)	60
Нітрофоска		Порода тверді карбонатні	60
Ознаки калійного голодування	129	Послід курячий безпідстилковий	210
Оксамід	99	Послід курячий підстилковий	210
Онтогенез	39	Послід пташиний	209
Оранка плантажна	68	Послід сухий	210
Органи надземні		Потік масовий	27
Ортофосфати ґрунтового розчину	112	ПППО	173

Предмет агрохімії	13	Селітра вапняно-аміачна	93
Препарат бактеріальний	70	Селітра кальцієва	92
Препарати бактеріальні	226	Селітра натрієва	92
Препарати фосфатно-білізуювальних мікроорганізмів	232	Селітри	92
Препарати-деструктори	232	Сечовина	94
Преципітат	120	Сидерат (и)	292
Прилипач	160	Сидерація	222
Реакція ґрунтового розчину	33	Синергізм іонів	35
Реакція солей фізіологічна	31	Система балонна	355
Регулятори росту рослин	70	Система Вентурі	355
Ретроградація	114	Система інжекторних насосів	355
Реутилізація	36,76	Система місткостей які працюють під тиском	355
Речовини фізіологічно активні	70	Система удобрення	234
Ризоагрин	220	Система удобрення в сівоzmіні	235
Ризобіот	231	Сіль глауберова	66
Ризогумін	220,231	Сіль калійна	136
Ризоентерин	220	Сірка	143
Ризосфера	39	Сірка вміст	143
Ризоторфін	229	Сірка втрати	145
Рідкі комплексні добрива	155	Сірка елементарна	144
Річний план застосування добрив	274	Сірка колоїдна	146
РКД	155	Сірка колообіг	145
Розкидне внесення добрив	188	Сірка надходження	145
Рослина (и)	23	Сірка нестача	141
Рослина вміст води	23	Сірка форми	144
Рослина вміст сухих речовин	23	Сірчані добрива	146
Рослина хімічний склад	23	Склад рослин хімічний	23
Сапропелі вапнякові	217	Складування добрив	181
Сапропелі змішані	217	Служба агрохімічна	371
Сапропелі кремнеземисті	217	Солома	213
Сапропель	217	Солома негативна дія	215
Селітра аміачна	92	Спектроскопія	16
Селітра вапнякова	93	Спосіб зберігання гною гаряче-холодний	199

Спосіб зберігання гною гарячий	199	Удобрення зернобобових культур	291
Спосіб зберігання гною холодний	199	Удобрення капусти	322
Способи внесення мінеральних добрив	183	Удобрення картоплі	310
Стимулятори росту	70	Удобрення кукурудзи	297
Стимулятори росту рослин	70	Удобрення овочевих культур	318
Ступінь кислотності ґрунту	44	Удобрення огірка	327
Ступінь лужності ґрунту	44	Удобрення плодових культур	332
Сульфат	167	Удобрення помідора	325
Сульфат амонію	91	Удобрення пшениці озимої	279
Сульфат калію	135	Удобрення ріпаку	315
Сульфат марганцю	164	Удобрення сої	295
Сульфат міді	166	Удобрення соняшнику	307
Суперфосфат гранульований	119	Удобрення столових коренеплодів	329
Суперфосфат подвійний	119	Удобрення суніці	346
Суперфосфат простий	119	Удобрення цибулі	330
Суспендовані комплексні добрива	155	Удобрення ягідних культур	344
Суцільне внесення добрив	188	Удобрення ярих зернових культур	287
Температура ґрунту	37	Удобрення ячменю ярого	288
Термофосфати	120	Унікал	232
Технологія внесення добрив	183	Фертигація	191,356
Тип живлення автотрофний	26	Фізіологічна врівноваженість ґрунтового розчину	35
Тип живлення гетеротрофний	26	Філософера	227
Торф (и)	362	Фітомеліорація	65
Тривалодіючі азотні добрива	99	Фітоплан	227
Трикутник Прянишникова	14	Фітотрон	17
Туф	60	Флавобактерин	220
Удобрення буряку цукрового	302	Фонд ґрунту азотний	78
Удобрення виноградників	347	Фонд ґрунту калійний	130
Удобрення вівса	285	Фонд ґрунту фосфатний	110
Удобрення гороху	294	Форма мінеральних добрив	72

Форми азотних добрив	89	Фотосинтез	26
Форми фосфорних добрив	117	Хелати	29
Фосфат лабільні	112	Хелати заліза	173
Фосфат стабільні	42	Хемопоніка	365
Фосфати конденсовані	118,121	Хімічні елементи абіогенні	24
Фосфогіпс	67	Хімічні елементи біогенні	24
Фосфор	107	Хімічні елементи органогенні	24
Фосфор біоаккумуляція	108	Хімія агрономічна	13
Фосфор легкодоступний	118	Хроматографія	16
Фосфорні добрива	118	Цеоліт	70
водорозчинні			
Фосфорні добрива	118	Цинк	167
напіврозчинні			
Фосфорні добрива	118	Цинковмістні відходи	169
нерозчинні			
Фосфорні добрива окупність	122	Шлаки металургійні	61
Фосфорні добрива погано	118	Якість основного удобрєння	191
розчинні			
Фосфору колообіг	116	Якість підживлення оцінка	192
Фотометрія	16		

---

---

## ВІЗУАЛЬНІ ОЗНАКИ НЕСТАЧІ ЕЛЕМЕНТІВ У ЖИВЛЕННІ РОСЛИН (за W. Bergman, 1983):

### АЗОТУ



Нестача азоту у вівса; праворуч –  
рослини, удобрені азотом



Значна нестача азоту в ранній фазі  
розвитку кукурудзи; праворуч –  
рослини, удобрені азотом



Поганий розвиток ріпаку в молодому віці за  
нестачі азоту, праворуч – удобрений азотом

---

---

## **ФОСФОРУ**



**Дефіцит фосфору на пшениці  
перед колосінням**



**Капуста цвітна, вирощена на суміші  
піску і торфу без фосфорних добрив;  
помітна “жорсткість” листків**

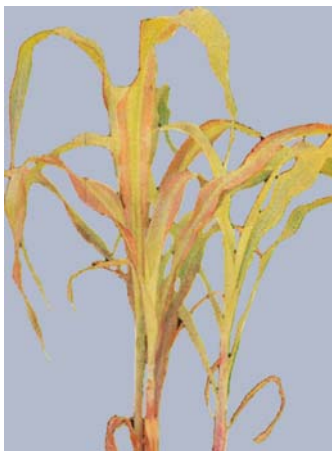


**Сильна нестача фосфору у винограду**

---

---

## ***СІРКИ***



**Сильна нестача сірки в кукурудзи у вегетаційному досліді, як і за нестачі азоту**



**Листки персику з ознаками нестачі сірки**



**Листки квасолі, ліворуч – без сірки, праворуч – із сірчаними добривами**



---

---

## ***КАЛІЇ***



**Типові симптоми нестачі калію на дорослих листках кукурудзи**



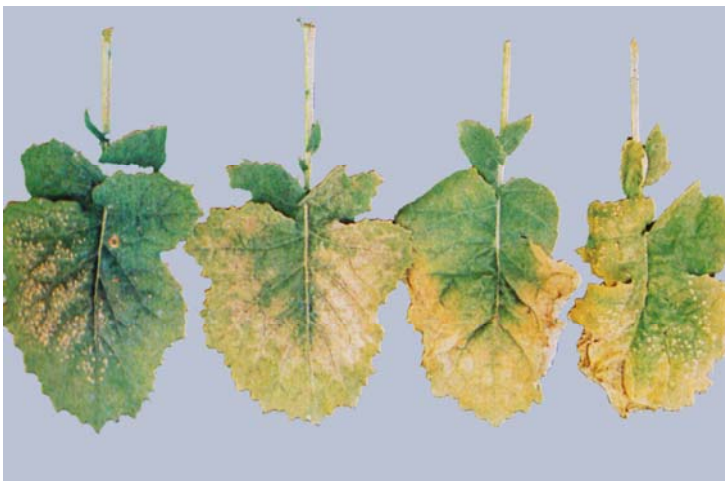
**Нестача калію у соняшнику**



**Листок картоплі з типовими симптомами нестачі калію**



**Листок буряку на початковій стадії нестачі калію**



**Перші симптоми нестачі калію на листках ріпаку**



**Листки капусти цвітної з ознаками нестачі калію**

---

---

## ***КАЛЬЦІУ***



**Відмирання пагонів картоплі і  
розрив листків за нестачі кальцію**



**Плоди помідора за нестачі  
кальцію**



**Ріпак із загнутих суцвіттям  
за нестачі кальцію**

---

---

## **МАГНІЮ**



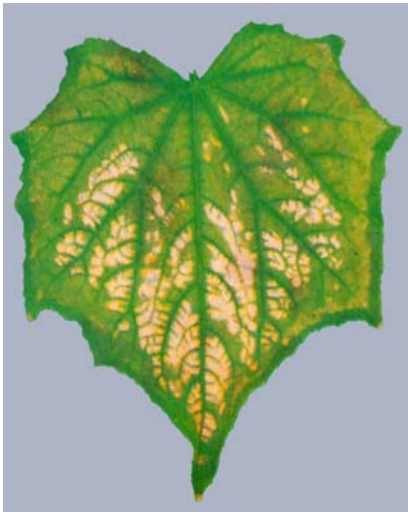
**Листки вівса з характерними ознаками нестачі магнію**



**Листки картоплі з першими ознаками нестачі магнію:  
хлороз у вигляді “риб’ячих кісток”**



**Листок картоплі з хлорозами і  
некрозами за нестачі магнію**



**Листок огірка на гідропонії з  
симптомами нестачі магнію**



**Листок яблуні з хлорозами за нестачі  
магнію**



---

---

## ***БОРУ***



**Гостра нестача бору на буряку цукровому  
(гниль сердечка)**



**Рослини картоплі з гострою нестачею бору зі  
скрученими і некротичними листками**



**Післядія нестачі бору на ріпаку: затримання розвитку  
квіток і часткове почервоніння листків**



**Ненормальний розвиток  
квіток соняшнику  
за нестачі бору**



**Качани кукурудзи за нестачі  
бору**

---

---

## ***МОЛІБДЕНУ***



**Листки люцерни: зверху з  
нестачею молибдену, внизу –  
здорові**



**Листки капусти брюссельської  
з незначними ознаками нестачі  
молибдену**



**Листки конюшини з ознаками нестачі молибдену;  
ліворуч – здоровий листок**



---

---

## ***МІДІ***



**Пшениця яра в фазі виходу в трубку  
з ознаками нестачі міді**



**Соняшник з симптомами сильної нестачі міді  
(праворуч); ліворуч – здорова рослина**

---

---

## ***ЗАЛІЗА***



**Перші симптоми нестачі заліза  
в яблуні**



**Гілка абрикосу з характерними  
ознаками нестачі заліза**

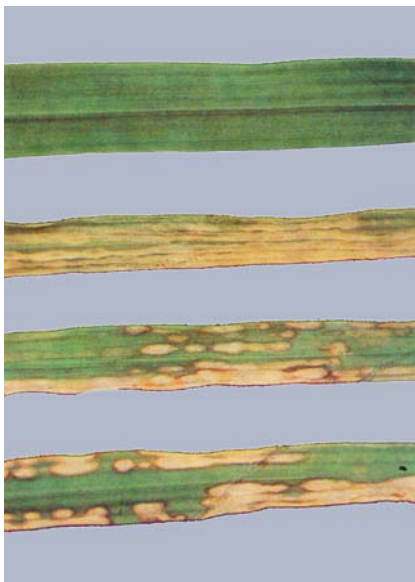


**Листок помідора з симптомами  
нестачі заліза**

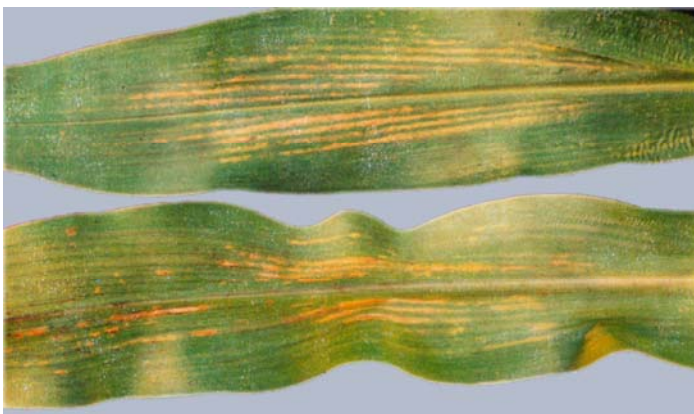
---

---

## ***МАРГАНЦЮ***



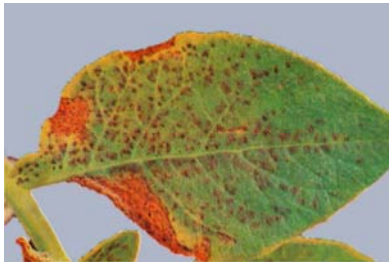
**Листки вівса з характерними ознаками  
нестачі марганцю; зверху – здоровий листок**



**Листки кукурудзи з середніми ознаками  
нестачі марганцю**



**Молодий листок буряку  
цукрового з сильною нестачею  
марганцю**



**Листок картоплі з хлорозами,  
крапчастими і великими  
крайовими некрозами внаслідок  
дуже сильної нестачі марганцю**



**Листок черешні з середньою нестачею марганцю**

---

---

## ***ЦИНКУ***



**Карликовий ріст кукурудзи  
внаслідок нестачі цинку**



**Гілка черешні з розеткою дрібних  
листіків внаслідок нестачі цинку**

---

---

Навчальне видання

**Григорій Миколайович Господаренко**

***АГРОХІМІЯ***

Навчальний посібник

*Українською мовою*

Редактор

Комп'ютерна верстка

Дизайнер

*С. Світельська*

*О. Давиденко*

*М. Цендревич*

Підписано до друку 21.02.2013 р.

Умов. друк. арк. 18,5

Наклад 1000 прим. Зам. № 13

Видавництво “Аграрна освіта”  
Технікумівська, 1, смт Немішаєве  
Бородянського Київської  
тел. 04577-41-2-69

свідцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єкта видавничої справи ДК № 1310