

### **3.4. СИСТЕМА УДОБРЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

- Система удобрення як одна з найважливіших ланок системи землеробства
- Роль основних макроелементів у живленні рослин
- Специфіка засвоєння рослинами елементів живлення з ґрунту та добрив
- Методика визначення потреби рослин в елементах живлення
- Потреба рослин в елементах живлення впродовж вегетації
- Основні принципи складання системи удобрення культур у сівозміні
- Найпоширеніші види органічних і мінеральних добрив
- Зональна специфіка удобрення культур в сівозміні

Система удобрення є складовою частиною організаційно-господарських і агротехнічних заходів, спрямованих на раціональне та ефективне використання мінеральних або органічних добрив. Вона являє собою план використання добрив, який складають на ротацію сівозміни з урахуванням норм, доз і способів внесення добрив, засобів хімічної меліорації в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах для одержання запрограмованої врожайності при високій якості продукції, стабілізації родючості ґрунту з урахуванням потреби охорони довкілля.

Перед тим, як розглянути систему удобрення сільськогосподарських культур, розглянемо специфіку живлення рослин.

У живленні рослин, крім N, P і K, беруть участь 76 елементів періодичної системи Менделєєва Д.І., які об'єднуються у дві великі групи – макро- та мікроелементи.

Азот входить до складу амінокислот, хлорофілу, нуклеїнових кислот, фосфатидів, глікозидів, алкалоїдів, ферментів, рiстактивуючих та інших речовин.

Джерелом азоту для рослин є амонійні та нітратні його форми. Бобові культури можуть засвоювати азот з атмосфери за допомогою бульбочкових бактерій.

Прянишников Д.М. процес перетворення азоту в рослині зобразив такою схемою:  $\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{аспарагін} \rightarrow \text{амінокислоти} \rightarrow \text{білок}$ .

Посилене азотне живлення сприяє розвитку асиміляційної поверхні та вегетативних органів рослин, підвищенню їх врожайності. Надмірне азотне живлення призводить до подовження вегетаційного періоду рослин, їх полягання, накопичення нітратів у сільськогосподарській продукції.

Фосфор входить до складу органічних (нуклеїнових кислот, фосфопротейдів, фосфатидів, фітину, лецитолу, сахарофосфатів) і мінеральних сполук (солей фосфорної кислоти). Фосфор засвоюється переважно кореневою системою рослин у вигляді іонів фосфорної кислоти ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ). Рослини поглинають більше фосфору у першій половині росту, що дає їм змогу створити певний запас цього елемента.

Недостатнє фосфатне живлення обумовлює затримку росту й розвитку рослин, їх дозрівання, погіршення якості продукції і зменшення врожайності. Оптимальне фосфатне живлення збільшує врожайність і покращує якість продукції, підвищує стійкість рослин проти полягання і низьких температур.

Калій міститься в рослинах переважно в мінеральній формі – у вигляді іонів K. В такому вигляді він і поглинається рослинами. Найбільше калію споживають буряки, картопля, соняшник, гречка. Калій сприяє накопиченню цукрів, крохмалю, білків, він посилює посухо-, холодо- і морозостійкість, а також стійкість рослин проти шкідників, хвороб.

Найбільше засвоєння NPK та інших макро- і мікроелементів відбувається в період інтенсивного росту рослин.

Склад рослин дуже різноманітний і залежить не тільки від фази росту й розвитку, але й від умов вирощування (табл. 3.4.1).

Винос із ґрунту поживних речовин рослинами значною мірою залежить від їх вмісту в основній і побічній продукції.

Біологічний винос – це кількість поживних речовин, яка витрачається на утворення цієї біомаси врожаю.

**Таблиця 3.4.1**  
**Вміст елементів живлення в різних культурах, % на суху речовину**

Культура	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO
Озима пшениця (зерно)	2,0-2,5	0,85-1,00	0,5-0,8	0,07
Кукурудза (зерно)	1,8-2,0	0,57	0,37	0,03
Горох (зерно)	4,3	1,00	1,25	0,09
Льон (насіння)	4,0	1,35	1,00	0,26
Льон (соломка)	0,62	0,42	0,97	0,69

Господарський винос складається з кількості поживних речовин, яка вилучається з поля разом з основною і побічною продукцією після її вивезення з поля при збиранні. Він залежить від культури, рівня врожайності, умов вирощування, вмісту поживних речовин у продукції (табл. 3.4.2).

**Таблиця 3.4.2**  
**Винос N, P, K культурами, кг/т основної продукції з урахуванням відповідної кількості побічної**

Культура	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озима пшениця	32	11	16
Озиме жито	29	12	21
Кукурудза	30	10	26
Горох	66	15	29
Соя	72	14	20
Гречка	30	15	30

Винос елементів живлення значною мірою залежить від коефіцієнта використання їх з ґрунту і добрив. Коефіцієнт використання певного елемента ( $K_e$ ) живлення з ґрунту обчислюють за формулою

$$K_e = \frac{a \cdot 100}{b},$$

де  $a$  – кількість елемента, винесеного врожаєм з ґрунту, в який добрива не вносили; кг/га;  $b$  – вміст рухомої форми елемента в орному шарі, кг/га.

Величина  $K_e$  дуже мінлива і залежить не тільки від біологічних особливостей рослин, величини врожаю, ґрунту, але й від культури землеробства, застосування хімічної меліорації, зрошення, внесення інших добрив, забезпеченості вологою.

Коефіцієнт використання елемента живлення з добрив  $K_g$  обчислюють за формулою

$$K_g = \frac{100(B_g - B_k)}{C},$$

де  $K_g = (B_g - B_k) \cdot 100 / C$ ,

де  $B_g$  – винос елемента з врожаєм при застосуванні добрив, кг/га;  $B_k$  – винос елемента з врожаєм у контролі, кг/га;  $C$  – кількість внесеного з добривами елемента, кг/га (табл. 3.4.3).

**Таблиця 3.4.3**  
**Коефіцієнт використання основних елементів живлення з добрив**

Добрива і культура	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Мінеральні добрива</i>			
Зернові культури	0,5-0,6	0,2-0,25	0,6-0,7
Цукрові буряки, баг. трави, картопля	0,6-0,7	0,25	0,70
<i>Органічні добрива (гній)</i>			
Пряма дія	0,30	0,40	0,60
Післядія (2 рік)	0,15	0,20	0,10

Величина  $K_g$  залежить від біологічних особливостей культури, врожаю, виду добрив, прямої їх дії та післядії тощо.

Для визначення потреби рослин в елементах живлення використовують різні методи діагностики. Найпоширенішими є ґрунтова і рослинна діагностики. Ґрунтова дає змогу визначити вміст амонійного та нітратного азоту в ґрунті, рухомих сполук фосфору, калію та інших елементів.

Рослинна діагностика ділиться на візуальну та хімічну. Візуальна дає можливість оцінити стан посіву і приблизно встановити нестачу деяких елементів живлення у рослинах.

Хімічна діагностика ділиться на тканинну і листкову. Перша дає змогу визначити вміст  $\text{NO}_3$ , P і K у соку рослин або їх тканинах. Ця робота проводиться у польових умовах за допомогою експрес-лабораторій (ОП-2, "Діагностика", "Тканинна діагностика" та інші).

Результати хімічної діагностики використовують при визначенні потреби рослин в удобренні, коригуванні рекомендованих норм і доз добрив. Коригування норми добрив  $H_g$  проводять за формулою

$$H_g = P \cdot \frac{V_{\text{опт}}}{V_{\text{факт}}},$$

де  $P$  – рекомендована норма добрив, кг/га;  $V_{\text{опт}}$  – оптимальний вміст елемента живлення в рослині, %;  $V_{\text{факт}}$  – фактичний вміст елемента живлення, %.

Однотимчасне використання ґрунтової і рослинної діагностики дає змогу приймати більш обґрунтовані рішення при встановленні норм і доз, способів і строків використання добрив з метою впливу на врожай і його якість.

Використовуючи метод інфрачервоної електроскопії (ІЧС), можна визначити вміст основних елементів живлення в рослинах у кілька разів швидше, ніж хімічними методами. Застосування ІЧС дає можливість давати рекомендації щодо застосування добрив.

Збалансоване застосування органічних добрив, макро- і мікроелементів сприяє підвищенню поживної цінності продукції.

Рослини ростуть і розвиваються завдяки кореневому і повітряному живленню. Через листя вони засвоюють більше 95% вуглекислого газу. Із водних розчинів рослина засвоює зольні елементи, N. Проте основна кількість води, азоту та зольних елементів надходять у рослини через кореневу систему.

Коренева система – орган поглинання і синтезу поживних речовин. Загальна площа поверхні поглинання кореневої системи рослин може досягати сотень квадратних метрів.

Поглинання елементів живлення починається з адсорбції. Первинна адсорбція відбувається на поверхні клітин кореневої системи. Після цього починається складний процес пасивного й активного їх транспортування в клітину.

Поживні речовини найбільш активно поглинаються рослинами з тієї частини ґрунту, яка знаходиться в безпосередньому контакті з корінням. Тому всі заходи, що сприяють кращому розвитку коріння, сприяють і кращому використанню рослинами поживних речовин з ґрунту.

В різні періоди росту й розвитку рослини пред'являють неоднакові вимоги до умов зовнішнього середовища, в тому числі й до живлення. Поглинання рослинами N, P, K протягом вегетаційного періоду відбувається нерівномірно. Розрізняють критичний період живлення, коли нестача елементів живлення різко погіршує ріст і розвиток рослин, і період максимального поглинання, що характеризується найбільш інтенсивною потребою поживних речовин.

На початку свого розвитку усі рослини потребують відносно небагато поживних речовин, однак вони дуже чутливі як до нестачі, так і до надлишку їх у розчині.

Початковий період критичний по відношенню до фосфору. Нестача P у цей час настільки відчутна, що різко падає врожайність навіть у тому разі, коли у подальшому його було достатньо. В цей час поживні речовини повинні бути в легкодоступній формі.

В період інтенсивного росту вегетативної маси провідна роль належить азоту.

У фазах цвітіння та на початку формування плодів потреба в азоті зменшується, а збільшується роль фосфору та калію.

В період утворення плодів поглинання всіх поживних речовин поступово зменшується, а потім припиняється зовсім.

Кожна культура має свої особливості. Зернові, наприклад, характеризуються коротким періодом живлення.

Трави, цукровий буряк відзначаються тривалим періодом поглинання поживних речовин.

На використання рослинами елементів мінерального живлення значною мірою впливають умови навколишнього середовища, такі як вологість ґрунту, його аерація, температура, світло, реакція ґрунтового розчину тощо.

При складанні системи удобрення враховують обсяг виробництва органічних добрив, необхідність проведення хімічної меліорації ґрунтів, культуру землеробства, біологічні особливості вирощуваних рослин і сортів, заплановану врожайність, наявність мінеральних добрив, рекомендації науково-дослідних установ тощо.

В системі удобрення культур в сівозміні потрібно враховувати: місце і норми внесення меліорантів, органічних добрив, туків та насичення ними сівозміни.

Згідно з системою удобрення щороку коригують план застосування добрив у сівозміні.

Норми внесення добрив визначають такими методами:

- 1) використання результатів польових дослідів з добривами;
- 2) балансово-розрахунковим;
- 3) комплексним;
- 4) економіко-математичним.

В результаті проведення польових дослідів з добривами встановлюють рекомендовані норми добрив при складанні системи удобрення культур сівозміни.

Із балансово-розрахункових методів поширені такі: розрахунок норм добрив за запасами поживних речовин у ґрунті на запланований врожай; розрахунок норм добрив на приріст врожаю. Суть першого полягає у визначенні норм добрив за різницею між виносом поживного елемента запланованим врожаєм і наявністю цього елемента в ґрунті. При цьому враховують коефіцієнти використання поживних речовин з ґрунту і добрив.

Основною відмінністю другого методу від першого є те, що розрахунки норм добрив здійснюють на величину приросту врожаю.

При встановленні очікуваної (планової) врожайності враховують бальну оцінку землі, оптимальні або фактичні ресурси органічних і мінеральних добрив, агротехнічні можливості, наявні сорти, технічне забезпечення.

При використанні нормативу витрат добрив на одиницю врожаю норму добрива розраховують за формулою

$$D = \Delta Y \times H \times K,$$

де  $D$  – норма  $N$ ,  $P_2O_5$  і  $K_2O$  для вирощування запланованої врожайності, кг/га;  $\Delta Y$  – запланований приріст врожайності за рахунок добрив, ц/га;  $H$  – норматив витрат добрив на одиницю приросту врожайності, кг/га;  $K$  – поправочний коефіцієнт на вміст рухомих сполук  $P$  і  $K$  в ґрунті (для встановлення норми азоту  $K=1$ ).

Дані науково-дослідних установ України про ефективність застосування добрив під різні культури дали можливість на основі застосування економіко-математичних методів розробити нормативи витрат добрив на утворення одиниці врожаю сільськогосподарських культур стосовно певних ґрунтово-кліматичних умов (табл. 3.4.4).

Таблиця 3.4.4

**Нормативи витрат добрив на вирощування 40 ц/га зерна озимої пшениці на чорноземі типовому з урахуванням забезпеченості ґрунту  $P_2O_5$  та  $K_2O$ , кг/ц**

Вміст у ґрунті $P_2O_5$ , мг/100 г	Елемент живлення	Вміст у ґрунті $K_2O$ , мг/100 г			
		7,8	11,2	14,6	18,0
3,4	N	1,4	1,4	1,4	1,4
	$P_2O_5$	1,02	1,02	1,02	1,02
	$K_2O$	0,78	0,75	0,75	0,75
5,1	N	2,90	2,90	2,90	2,90
	$P_2O_5$	2,16	2,16	2,16	2,16
	$K_2O$	2,09	1,95	1,89	1,69
6,8	N	2,71	2,71	2,71	2,71
	$P_2O_5$	2,01	2,01	2,01	2,01
	$K_2O$	2,09	1,95	1,81	1,68
8,5	N	2,53	2,52	2,52	2,52
	$P_2O_5$	1,86	1,86	1,86	1,86
	$K_2O$	2,09	1,95	1,84	1,68
10,2	N	2,53	2,36	2,34	2,34
	$P_2O_5$	1,72	1,72	1,72	1,72
	$K_2O$	2,08	1,95	1,89	1,68
11,8	N	2,53	2,36	2,20	2,17
	$P_2O_5$	1,59	1,59	1,59	1,59
	$K_2O$	2,09	1,95	1,84	1,68

**Основні види мінеральних добрив.** Вони бувають однокомпонентними, до складу яких входить один із головних елементів живлення, та комплексними, що містять 2 або більше необхідних рослинам елементів живлення. Останні бувають подвійними (амофос, калійна селітра тощо) і потрійними (нітрофоска, нітроаммофоска).

Залежно від вмісту елементів живлення однокомпонентні добрива поділяють на прості (з вмістом головного елемента живлення до 20-25% – простий суперфосфат, натрієва селітра та ін.) і концентровані (з підвищеним вмістом головного компонента живлення – до 30% і більше).

За агрегатним складом мінеральні добрива поділяють на тверді та рідкі. Перші випускають гранульованими та порошкоподібними.

Найпоширенішими азотними добривами є аміачна селітра, сечовина, сульфат амонію.

*Аміачна селітра*  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , розчинна у воді, білого кольору, гігроскопічна. Містить 32-35% азоту. Рослини споживають як амонійний, так і нітратний азот.

*Сечовина (карбамід)*  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , вміст азоту 46%. Це найбільш концентроване тверде мінеральне добриво білого кольору, розчинне у воді. Її широко використовують для позакореневого підживлення рослин, зокрема пшениці та кукурудзи.

*Сульфат амонію*  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , містить 19-21% азоту та 23-24% сірки. Білого, сірого та червонуватого кольору, легкорозчинний у воді. Краще застосовувати на ґрунтах з лужною реакцією ґрунтового розчину.

Найпоширенішими фосфорними добривами є суперфосфат простий та подвійний.

*Суперфосфат простий*  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{CaSO}_4$ . Вміст засвоюваної рослинами  $\text{P}_2\text{O}_5$  становить від 14 до 21%. Застосовують як основне та припосівне добриво, рідше використовують для підживлення.

*Суперфосфат подвійний*  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{PO}_4$ . Вміст засвоюваної  $\text{P}_2\text{O}_5$  становить 40-50%, водорозчинної – 37-42%. Поведінка цього добрива в ґрунті, а також процес засвоєння рослинами такі самі, як і простого суперфосфату.

Серед калійних добрив найпоширеніші калій хлористий та 40% калійна сіль змішана.

*Калій хлористий*  $\text{KCl}$ . Вміст калію становить 53-60,6%. Добриво білого або червонувато-бурого кольору, злежується. Вноситься як основне добриво, рідше при сівбі та підживленні.

*Калійна сіль* змішана 40% – суміш  $\text{KCl}$  і каїніту. Використовується, як і калій хлористий, мало гігроскопічна.

Основні види органічних добрив, які застосовуються для удобрення культур, описані в розділі 2.6 “Окультурення ґрунтів і покращення їх санітарно-гігієнічного стану”.

Рекомендовані норми добрив під основні культури наведені в табл. 3.4.5.

Таблиця 3.4.5

**Рекомендовані норми добрив під основні культури  
в різних ґрунтово-кліматичних зонах України, кг/га**

Культура	Зона, ґрунт	Норма добрив		
		N	$\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{K}_2\text{O}$
<i>Полісся і Карпати</i>				
Озима пшениця	Дерново-підзолені і сірі опідзолені	90	90	90
Кукурудза на зерно	—	90	60	90
Озиме жито	—	70	70	70
Картопля	—	90	70	120
Льон	—	45	90	90

## Продовження таблиці 3.4.5

Культура	Зона, ґрунт	Норма добрив		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<i>Лісостеп</i>				
Озима пшениця	Чорноземи типові	90	90	90
	Темно-сірі опідзолені	120	90	90
Кукурудза на зерно	Чорноземи типові і опідзолені	90	90	60
Зернобобові	—	30	60	60
Цукрові буряки	Чорноземи типові	160	170	150
Соняшник	—	60	60	60
Картопля	—	120	180	180
<i>Степ</i>				
Озима пшениця	Чорноземи звичайні	90	90	60
	Чорноземи південні	90	60	40
	Темно-каштанові ґрунти	90	60	—
Кукурудза на зерно	Чорноземи звичайні	90	90	60
	Чорноземи південні	90	60	40
	Темно-каштанові	90	60	—
Зернобобові	—	—	60	40
Соняшник	Чорноземи звичайні	60	60	60
	Чорноземи південні	60	60	40
	Темно-каштанові	60	60	—

**Система удобрення в сівозміні. Полісся.** Враховуючи невисоку родючість більшості ґрунтів зони, основну увагу тут потрібно приділяти вапнуванню та органічним добривам. Вапнякові матеріали краще вносити під озиму пшеницю, картоплю, кукурудзу, багаторічні трави під основний обробіток. З метою запобігання втрат азотних добрив їх краще вносити навесні (табл. 3.4.6).

В цій сівозміні на 1 га припадає: органічних добрив – 15 т та мінеральних – 250 кг.

Таблиця 3.4.6

## Орієнтовна система удобрення культур в багатопільній сівозміні Полісся

№ поля	Культура	Органічні добрива, т/га	Мінеральні добрива, кг/га		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Конюшина		—	60	90
2	Озима пшениця	25	50	45	45
3	Льон-довгунець		45	90	90
4	Озима пшениця + жито на з/к		90	90	90
5	Картопля	50	90	70	120
6	Ярий ячмінь		45	45	45

Продовження таблиці 3.4.6

№ поля	Культура	Органічні добрива, т/га	Мінеральні добрива, кг/га		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
7	Кукурудза на силос + кормові буряки	50	150	80	120
8	Ярий ячмінь з підсівом конюшини		60	45	45

**Лісостеп.** Бездефіцитний баланс гумусу може бути забезпечений при внесенні 13-14 т/га органіки. Тут значну кількість азотних добрив можна вносити під основний обробіток ґрунту (табл. 3.4.7).

Таблиця 3.4.7

## Орієнтовна система удобрення в багатопільній сівозміні Лісостепу

№ поля	Культура	Органічні добрива, т/га	Мінеральні добрива, кг/га		
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	Пар зайнятий		60	30	30
2	Озима пшениця	30	60	50	50
3	Цукрові буряки		160	175	180
4	Ярі зернові + конюшина		10	10	10
5	Конюшина			30	45
6	Озима пшениця		60	80	80
7	Цукрові буряки	40	140	165	160
8	Кукурудза на зерно	40	80	90	80
9	Горох			40	40
10	Озима пшениця		90	80	80
11	Кукурудза на силос + соняшник	50	100	80	80
			60	60	60
На 1 га сівозмінної площі		14,5	75	81	83

**Степ.** Тут ефективність добрив залежить від наявності вологи. Добрива дозволяють рослині економніше витратити вологу. Бездефіцитний баланс гумусу досягається при внесенні 8-9 т/га органічних добрив. Гній вносять у парове поле під кукурудзу, буряки. А взагалі місце внесення гною тут не має вирішального значення (табл. 3.4.8).

Таблиця 3.4.8

## Орієнтовна система удобрення в сівозміні Степу

№ поля	Культура	Органічні добрива, т/га	Мінеральні добрива, кг/га						
			Основне удобрення			Припосівне			Підживлення
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
1	Пар чорний	25							
2	Озима пшениця			60	30				30

Продовження таблиці 3.4.8

№ поля	Культура	Органічні добрива, т/га	Мінеральні добрива, кг/га						
			Основне удобрення			Припосівне			Підживлення
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
3	Кукурудза на зерно		90	90	90	10			
4	Кукурудза на силос	30			10	10	10		
5	Озима пшениця		30	60	40				60
6	Ярий ячмінь + еспарцет		40	40	40				
7	Еспарцет								30
8	Озима пшениця		30	60	40				60
9	Кукурудза на зерно	30	60	60	40	10	10		
10	Соняшник		30	60	30				
На 1 га сівозмінної площі		8,5	28	43	32	3	2		18

**КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Що являє собою система удобрення культур?
2. Яка роль азоту як елемента живлення рослин?
3. Охарактеризуйте роль фосфору та калію в житті рослин.
4. Від чого залежить винос поживних речовин рослинами, і яким він буває?
5. Як обчислюють коефіцієнти використання елементів живлення з ґрунту та добрив?
6. Що таке ґрунтова діагностика?
7. Що таке рослинна діагностика, і якою вона буває?
8. Які органи рослин беруть участь у засвоєнні поживних речовин?
9. Як засвоюють рослини поживні речовини впродовж вегетаційного періоду?
10. Якими методами розраховують норми внесення добрив?
11. Як використовують дані науково-дослідних установ при встановленні норм внесення добрив?
12. Охарактеризуйте найпоширеніші види азотних добрив.
13. Які ви знаєте фосфорні та калійні добрива?
14. У чому полягає зональна специфіка удобрення культур в сівозмінах?